

Déposé en octobre 2019

Mis à jour en avril 2020

Résumé Non Technique

Etude de dangers du projet de parc éolien de Fromentaux

Département : Haute-Vienne

Communes : La Meyze, Nexon



Maître d'ouvrage

ENGIE Green Fromentaux, filiale de



Réalisation de l'étude

ENCIS Environnement



Bureau d'études en environnement
énergies renouvelables et aménagement durable

**Tome n°5.2 :
Etude de dangers
RNT**

www.encis-environnement.fr

Mise à jour du dossier d'autorisation environnementale

La société ENGIE Green a déposé auprès de la Préfecture de Haute-Vienne le dossier de demande d'autorisation environnementale pour le parc éolien de Fromentaux, sur les communes de La Meyze et de Nexon, le 23 octobre 2019.

Le caractère complet du dossier a été jugé recevable lors du dépôt. Toutefois, les services instructeurs, dont l'Inspection des Installations Classées de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) ont relevé des insuffisances sur le fond qui nécessitent des éclaircissements.

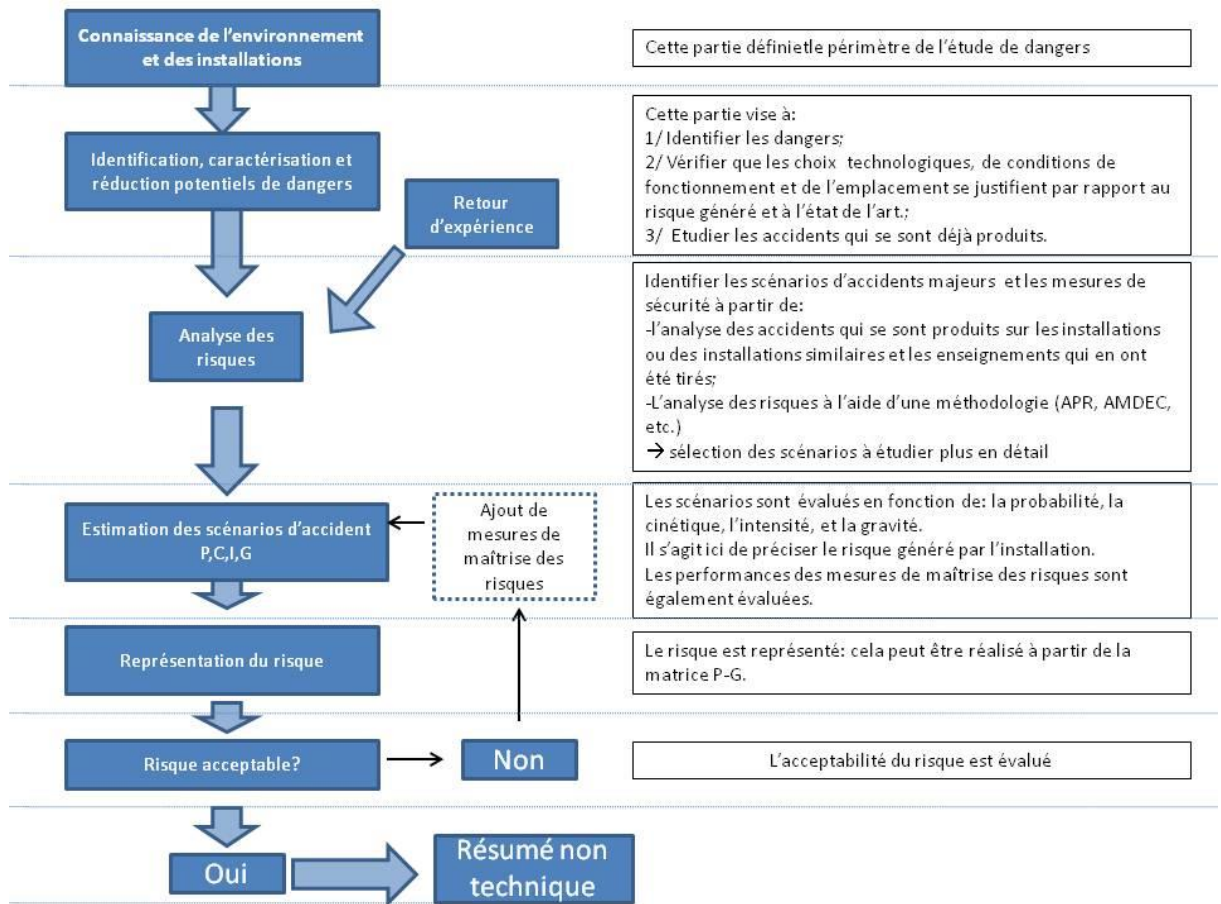
Les pièces constitutives de la demande d'autorisation environnementale initiale ont donc été mises à jour afin de prendre en compte les compléments demandés.

SOMMAIRE

1.	ETAPES ET OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS.....	4
2.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	4
2.1.	Renseignements administratifs.....	4
	<i>Présentation d'ENGIE Green.....</i>	<i>4</i>
2.2.	Localisation du site.....	5
2.3.	Définition de l'aire d'étude.....	7
3.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	8
3.1.	Environnement	8
3.2.	Cartographie de synthèse	9
4.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	13
4.1.	Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	13
4.2.	Composition de l'installation	14
4.3.	Fonctionnement de l'installation.....	17
4.4.	Réduction des potentiels de dangers à la source	17
5.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	18
6.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	18
6.1.	Prise en compte de l'éolienne « maximisante »	18
6.2.	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	20
6.3.	Synthèse de l'acceptabilité des risques	21
	6.3.1. <i>Cartographie des risques.....</i>	<i>21</i>
7.	CONCLUSION.....	27
	ANNEXES : DEFINITIONS	29

1. ETAPES ET OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

Le graphique ci-dessous synthétise les différentes étapes et les objectifs de l'étude de dangers :



2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le porteur de projet du parc éolien de Fromentaux est ENGIE Green.

L'activité principale d'ENGIE Green est le développement d'unités de production d'énergie renouvelable.

L'exploitant de ce parc est la société ENGIE Green Fromentaux.

La réalisation de cette étude de dangers a été effectuée par Matthieu DAILLAND, d'ENCIS Environnement.

PRESENTATION D'ENGIE GREEN

Né de la fusion des filiales du Groupe Futures Energies, MAÏA Eolis et La Compagnie du Vent, ENGIE Green est un leader de la production d'énergies renouvelables en France. Eolien, photovoltaïque, énergies marines : ses 400 collaborateurs s'engagent aux côtés des acteurs locaux pour le développement et l'exploitation de projets adaptés, qui révèlent le potentiel de chaque territoire. ENGIE Green dispose d'une expertise complète dans les domaines du développement, de la construction et de l'exploitation et de la maintenance des parcs éoliens et photovoltaïques.

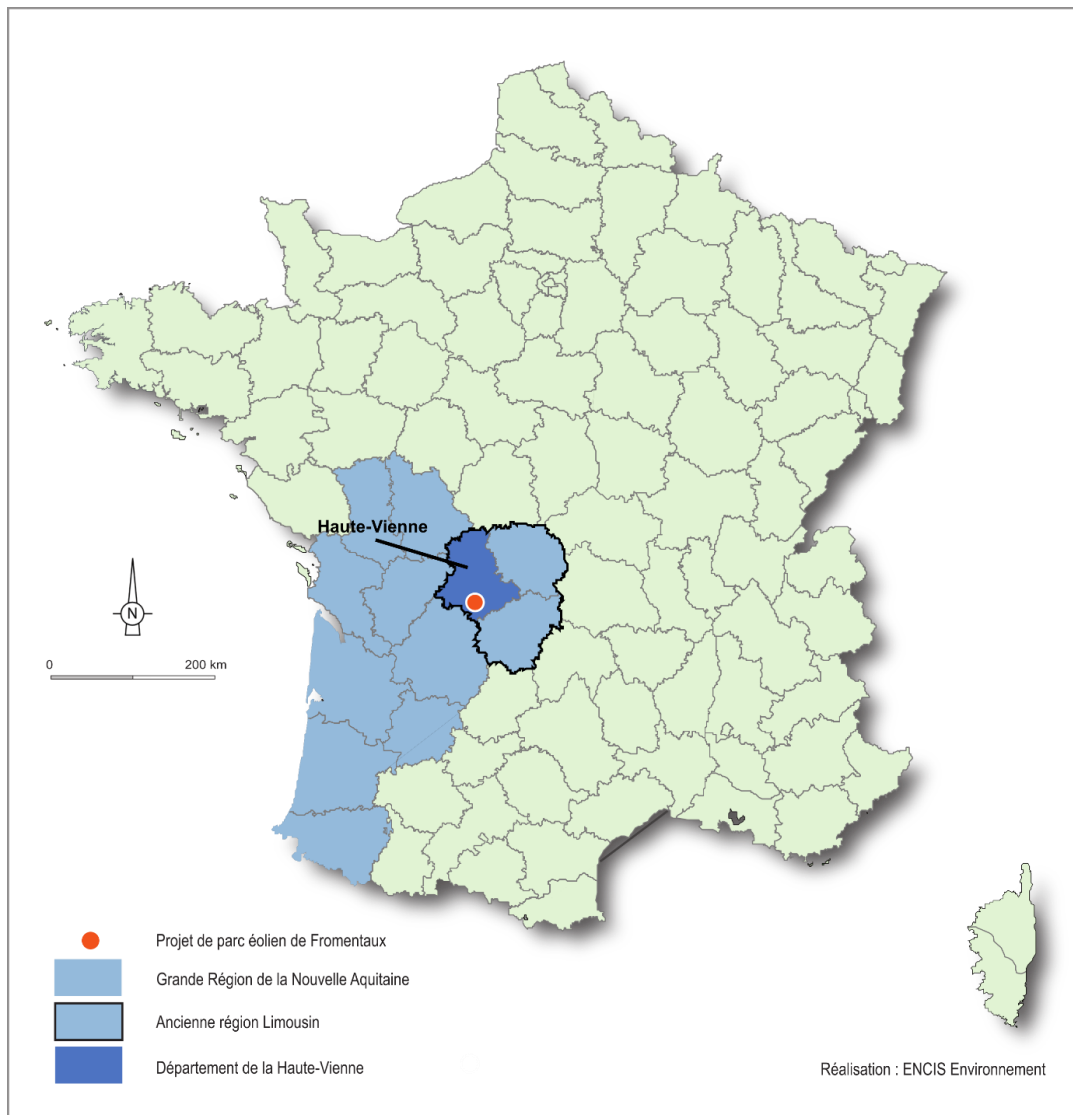
Implanté dans 16 agences en France, ENGIE Green totalise plus de 1300 MW éoliens et 860 MWc solaire installés et exploités, ce qui correspond à l'alimentation en énergie verte de l'équivalent de 1 400 000 habitants.

ENGIE Green en chiffres :

- Plus de 1300 MW éoliens installés et exploités : 91 parcs sur 9 régions – 701 éoliennes,
- 860 MWc solaires installés et exploités : 101 centrales,
- 86,6 MW éoliens exploités pour le compte de tiers (9 parcs – 46 éoliennes),
- Plus de 3000 MW en développement,
- 1ère ferme pilote éolienne flottante en Méditerranée d'ici 2020,
- 16 agences – Près de 400 collaborateurs aux côtés des acteurs locaux,
- Une production équivalente à la consommation de près de 1 700 000 d'habitants en électricité verte par an.

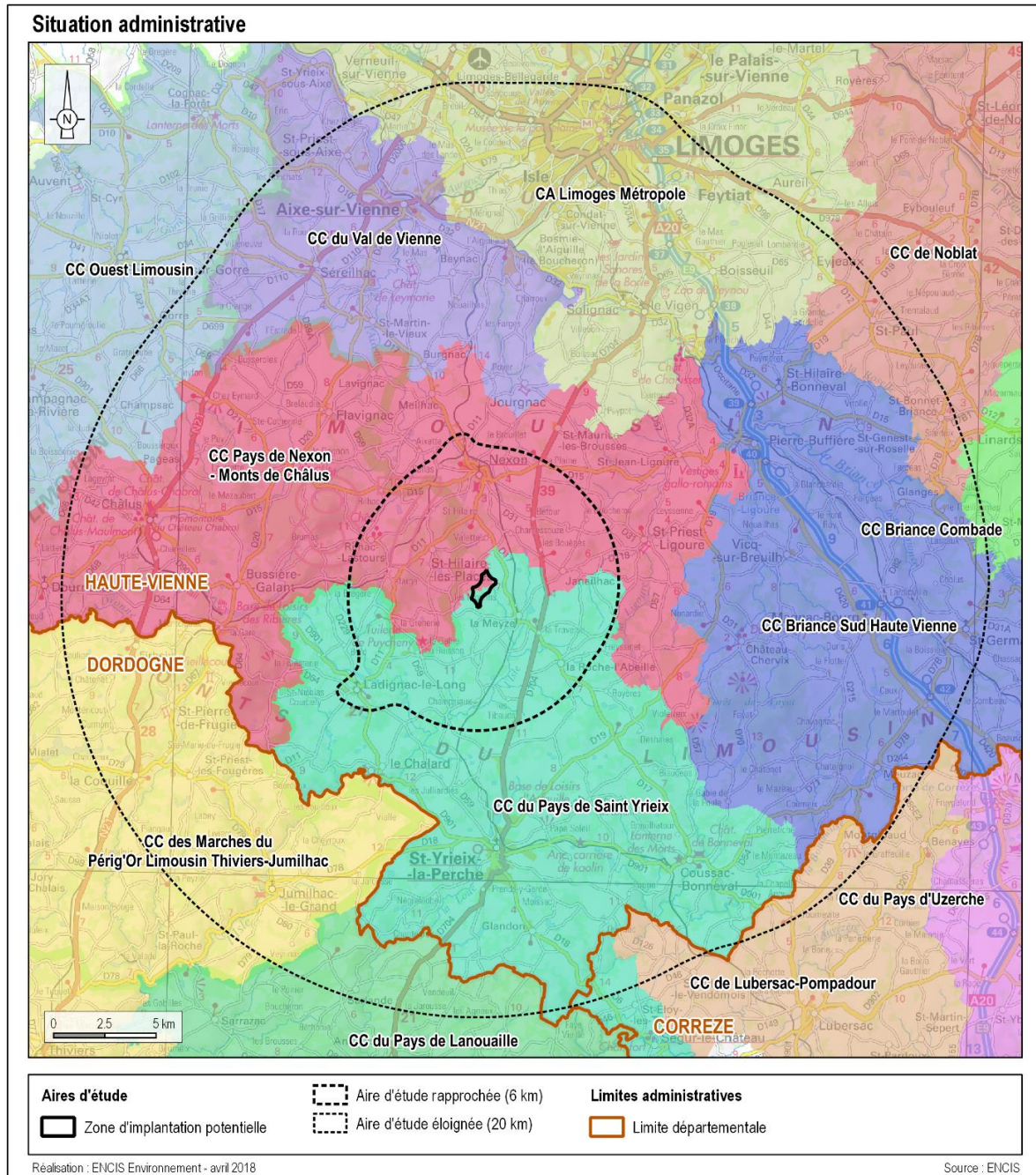
2.2. LOCALISATION DU SITE

Le site d'implantation potentielle du parc éolien est localisé au sein de la grande région de la Nouvelle Aquitaine, dans le département de la Haute-Vienne, sur les communes de La Meyze et de Nexon.



Carte 1 : Localisation du site en France (Source : ENCIS Environnement)

La commune de La Meyze fait partie de la Communauté de Communes du Pays de Saint-Yrieix tandis que la commune de Nexon est dans la Communauté de Communes Pays de Nexon – Monts de Châlus.



Carte 2 : Localisation du site d'implantation en Haute-Vienne et au sein des structures intercommunales

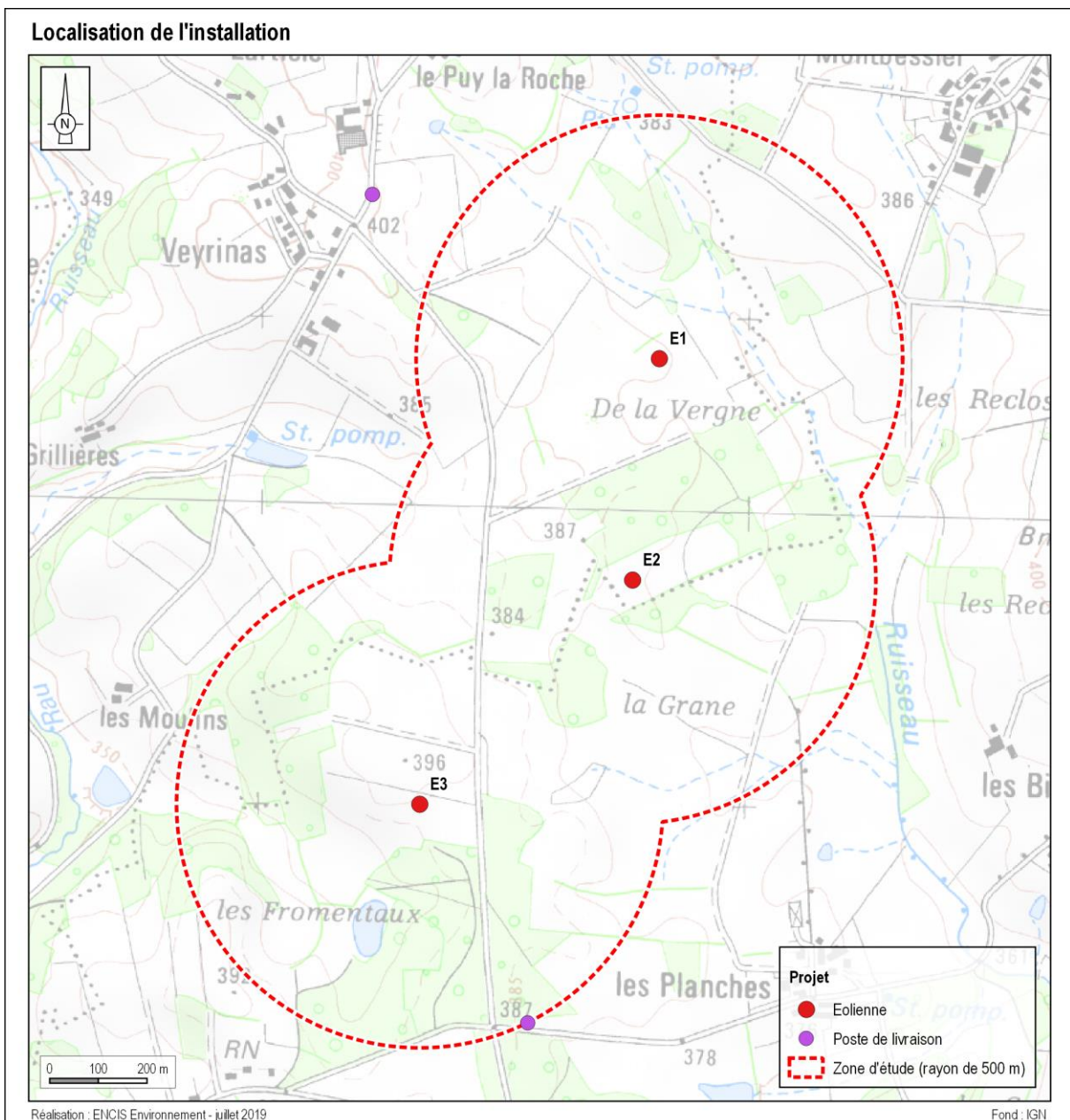
2.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4 de l'étude de danger.

La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui est néanmoins représenté sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

Seront appelées dans la suite du document « zone d'étude » les aires d'étude des éoliennes, définies par un cercle de rayon inférieur ou égal à 500 m.



Carte 3 : Carte de situation de l'installation (Source : ENCIS Environnement)

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

3.1. ENVIRONNEMENT

- Environnement humain :
 - Aucune habitation n'est présente dans la zone d'étude. Plusieurs hameaux et lieux-dits sont toutefois situés de part et d'autre de cette zone. Les habitations les plus proches du projet sont localisées à Puyrassou, à 595 m au sud-ouest de l'éolienne E3.
 - Des bâtiments agricoles sont référencés au sein de la zone d'étude, le plus proche étant à 660 m au nord-est de l'éolienne E1.
 - Concernant les zones urbanisables, la commune de La Meyze ne dispose pas de document d'urbanisme. La commune voisine de Nexon est dotée d'un Plan Local d'Urbanisme. Les zones urbanisables les plus proches du site correspondent au lieu-dit Les Moulins, à 624 mètres de l'éolienne E3.
 - Aucun Etablissement Recevant du Public (ERP) n'est présent dans les limites de la zone d'étude.
 - Il n'y a aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) classée « SEVESO » au sein de la zone d'étude. L'ICPE la plus proche est une exploitation agricole localisée sur la commune de La Meyze, à 3,2 km au sud-est de l'éolienne E3. Aucun site «SEVESO» (seuil haut ou bas) ne se situe sur les communes concernées par le projet éolien.
 - Il n'y a pas d'installation nucléaire dans la zone d'étude ou à proximité, la plus proche se localise à Civaux, à 100 km au nord-ouest du site.

- Environnement naturel :
 - ✓ Contexte climatique :
 - A la station de Saint-Yrieix-la-Perche, la température moyenne annuelle est de 11,6°C. L'amplitude thermique reste modérée, de l'ordre de 14,8°C.
 - Les précipitations enregistrées à la station de Saint-Yrieix-la-Perche sont de 1 162,4 mm/an.
 - D'après l'analyse de la rose des vents de Saint-Yrieix-la-Perche, les vents dominants suivent principalement un axe un axe sud-ouest / nord-est.

 - ✓ Risques naturels :
 - D'après les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255, le site d'étude est en zone de sismicité 2 soit une probabilité d'occurrence des séismes faible.
 - D'après la base de données du Georisques qui recense tous les mouvements de terrain, le risque de mouvement de terrain existe en Haute-Vienne. 169 mouvements de terrain ont été recensés dans le département. Les bases de données ne démontrent pas de mouvement de terrain connus sur le secteur, néanmoins, les études géotechniques préalables à la construction du projet permettront de statuer précisément sur ce risque et de dimensionner les fondations en fonction.
 - Des cavités souterraines sont recensées à La Meyze. La plus proche est un ouvrage civil localisé à 859 m au nord-ouest de l'éolienne E1, ainsi elle n'est pas incluse dans l'aire d'étude de 500 m. Les études géotechniques préalables à la construction du projet permettront de statuer précisément sur ce risque et de dimensionner les fondations en fonction.
 - Les éoliennes du projet de Fromentaux se trouvent sur une zone où l'aléa retrait/gonflement des argiles est faible (source : georisques.gouv.fr). Des sondages géotechniques permettront, en amont de la construction, de préciser la nature argileuse des sols et le risque associé et devront être pris en compte pour le dimensionnement des fondations.
 - Le nombre moyen d'impacts de foudre au sol par km² et par an est compris entre 1 et 2 pour la zone d'étude. La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,53 arcs/km²/an.
 - La station de Saint-Yrieix-la-Perche a enregistré des vitesses de vent maximales de 31,8 m/s en septembre 2011.
 - Aucun massif forestier présentant un risque de feux de forêt ne se trouve sur les communes de La Meyze et de Nexon. La zone d'étude n'est par conséquent pas soumise au risque feu de forêt. Néanmoins, il est nécessaire de respecter les conditions de sécurité classiques en termes de lutte contre l'incendie (distance par rapport aux habitations, accessibilité du site, respect de la réglementation en matière de sécurité,...).

- Le site se trouve au plus proche à 7 km des zones inondables. Les zones à risque se situent au niveau de la rivière de la Ligoure. Le site se trouve à une altitude minimale de 384 m alors que les zones inondables se situent à une hauteur comprise entre 275 et 350 m. Le site de Fromentaux n'est donc pas exposé au risque inondation.
- D'après le BRGM, le niveau de risque de remontée de nappe dans le socle est moyen pour l'éolienne E3 et fort pour les éoliennes E1 et E2 du projet de Fromentaux. L'étude géotechnique prévue en amont des travaux précisera ces données.
- Environnement matériel :
 - Le principal axe routier présent dans le secteur est l'autoroute A20, située au plus proche à 14,7 km au nord-est de l'éolienne E1.
 - La route départementale la plus proche est la route D17, à 960 m à l'est de l'éolienne E1. La zone d'étude est traversée par trois routes communales et par quelques chemins ruraux.
 - Le site n'est pas concerné par une servitude ferroviaire, la voie ferrée la plus proche se trouve à 1,4 km à l'est de l'éolienne E1.
 - Aucun cours d'eau navigable, aucun canal et écluse ne sont présents sur la zone d'étude.
 - Le projet éolien est en dehors des servitudes aéronautiques de dégagements et de couloirs aériens militaires. Le projet éolien n'est pas concerné par une servitude ou une contrainte aéronautique civile rédhitoire.
 - Les éoliennes se situent en dehors de zones de protection de radar.
 - Aucune zone de vol privée ne se situe dans un périmètre de 2 km autour du site.
 - Aucune ligne THT ne concerne la zone d'étude. La plus proche se trouve à 3,5 km au sud-est de l'éolienne E2.
 - Une ligne HTA aérienne traverse la partie centrale de la zone d'étude, selon un axe nord-ouest – sud-est. Elle se trouve au plus proche à 84 m au sud-ouest de l'éolienne E2.
 - La zone d'étude est traversée en partie nord par un faisceau hertzien géré par Free Mobile au nord. Ce faisceau est à 433 m de l'éolienne E1.
 - Aucune canalisation de transport de gaz, d'hydrocarbures liquides ou de produits toxiques n'est incluse dans la zone d'étude.
 - Aucune station d'épuration n'est présente sur et aux alentours de la zone d'étude.
 - Le captage d'alimentation en eau potable de Veyrinas se trouve au sein de la zone d'étude, à 469 m à l'ouest de l'éolienne E1.
 - La zone d'étude est également concernée par les périmètres de protection immédiate, rapprochée et éloignée du captage de Veyrinas et par les périmètres de protection immédiate et rapprochée du captage de Puy la Roche, au nord. Le périmètre de protection le plus proche d'une éolienne est à 81 m au nord-ouest de l'éolienne E2.
 - Aucun autre ouvrage public n'est situé dans la zone d'étude.

3.2. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

La cartographie suivante permet d'identifier **dans la zone d'étude globale (500 m) puis dans les autres zones d'études¹** les enjeux humains exposés ainsi que la localisation des biens, infrastructures et autres établissements.

Biens, infrastructures et autres établissements

Dans la zone d'étude, nous avons recensé en tant qu'infrastructures :

- les chemins d'exploitation (existants ou à créer) et plateformes du parc éolien ;
- les chemins agricoles ;
- la voie communale traversant la zone d'étude du nord au sud ;
- la ligne électrique HTA située à 84 m de l'éolienne E2 ;
- le captage d'alimentation en potable de Veyrinas.

¹ Voir parties 7 et 8 de l'étude de dangers pour la définition des scénarios et des zones d'étude

Enjeux humains

La méthode de comptage des enjeux humains est basée sur la fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Elle permet d'estimer le nombre de personnes susceptibles d'être rencontrées suivants les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) présents dans la zone d'étude. Elle permettra ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques.

La route communale traversant la zone d'étude ne fait pas partie du réseau routier départemental. Cette route est donc considérée comme non structurante (fréquentation < à 2 000 / jour).

La fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010 précise que les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicule/jour) sont comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Dans la zone d'étude, nous recensons des terrains non bâtis de deux types :

- terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, bois), où l'on comptera 1 personne exposée par tranche de 100 ha,
- terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes telles que la route communale, chemins agricoles, plateformes de stockage), où l'on comptera 1 personne par tranche de 10 ha.

Les enjeux pour la ligne HTA située à proximité de l'éolienne E2 ont été estimés à deux personnes d'après le porteur de projet. Il est à noter que le porteur de projet envisage d'enfourer cette ligne électrique avant le commencement des travaux, sous réserve d'acceptation de la part d'ENEDIS.

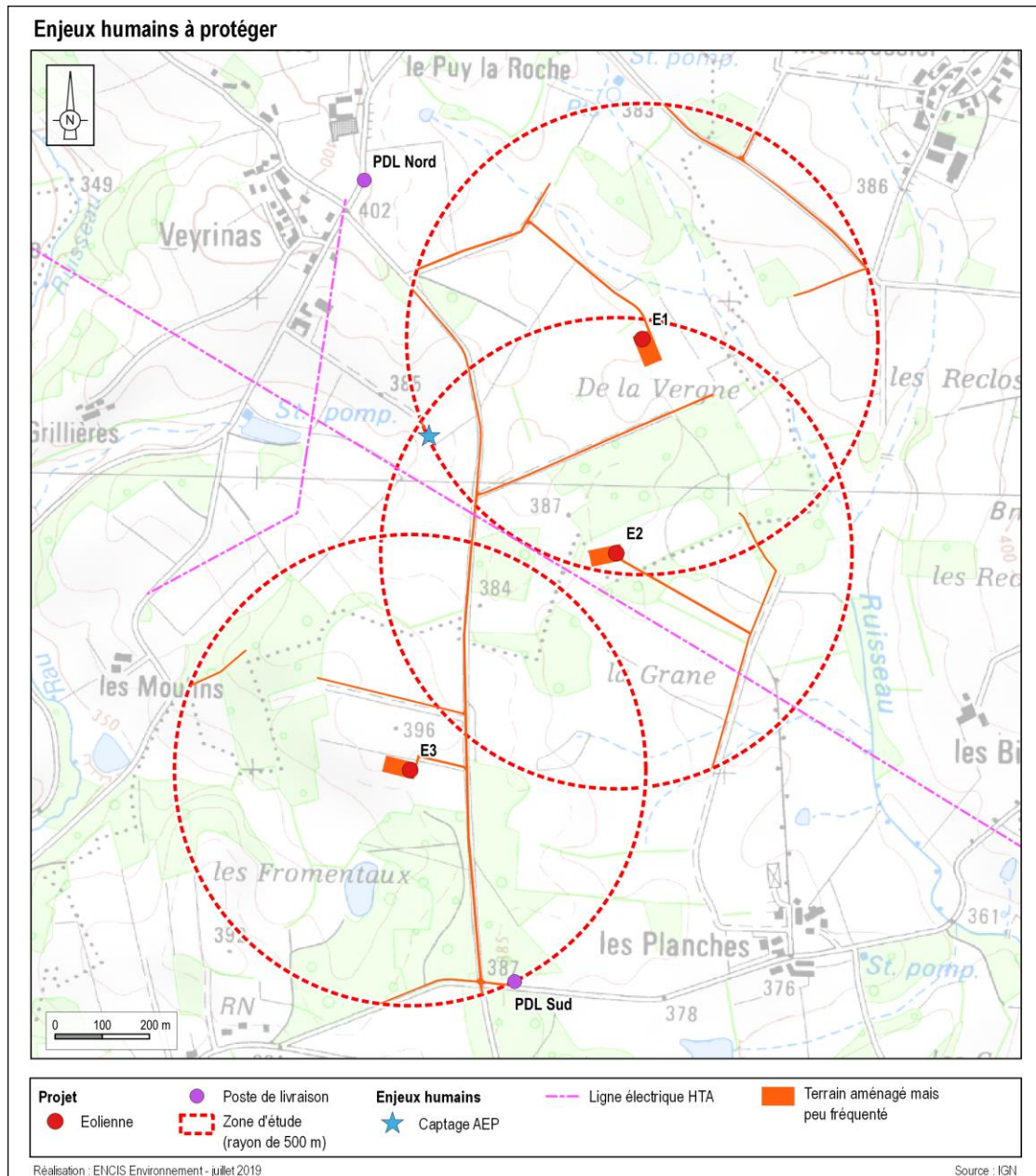
D'après une consultation de la SAUR, les opérations d'entretien de la parcelle correspondant au périmètre de protection immédiate sont effectuées trois à quatre fois dans l'année et nécessitent l'intervention de 2 personnes. Ponctuellement, des opérations sur le captage peuvent nécessiter la présence de 4 personnes maximum. Les enjeux humains pour cette station de captage ont donc été estimés à 4 personnes au maximum.

Les surfaces ont été calculées en utilisant un logiciel de SIG², tout en s'appuyant sur la cartographie au 1 : 25 000, le site géoportail pour les photos aériennes et le plan de masse fourni par le client. Ces données ont permis de calculer à un instant t les différentes répartitions des terrains non bâtis (dont les chemins empruntés par les véhicules agricoles). Des évolutions dans le futur peuvent avoir lieu et ne sont donc pas prises en compte.

² SIG : Système d'Information Géographique / logiciel utilisé : Qgis

<i>Eolienne</i>	<i>Ensemble homogène</i>	<i>Surface (ha) ou Linéaire (km)</i>	<i>Règle de calcul</i>	<i>Enjeux humains (EH)</i>	<i>Enjeux humains totaux</i>
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,939	1 pers/100 ha	0,76939	6,93989
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,705	1 pers/10 ha	0,1705	
	Captage d'alimentation en eau potable	-	Nombre de personnes max	4	
	Ligne électrique HTA	-	Nombre de personnes max	2	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,064	1 pers/100 ha	0,77064	6,92864
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,58	1 pers/10 ha	0,158	
	Captage d'alimentation en eau potable	-	Nombre de personnes max	4	
	Ligne électrique HTA	-	Nombre de personnes max	2	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,531	1 pers/100 ha	0,77531	0,88661
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,113	1 pers/10 ha	0,1113	

Tableau 1 : Enjeux humains par éolienne



Carte 4 : Synthèse des enjeux à protéger (Source : ENCIS Environnement)

4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrite précédemment.

4.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (plateformes, raccordement électrique inter-éolienne, poste de livraison et chemins d'accès).

❖ Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

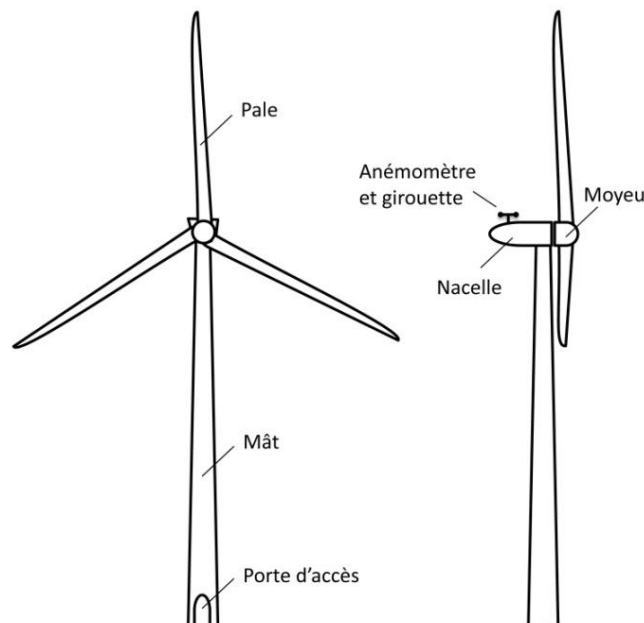


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

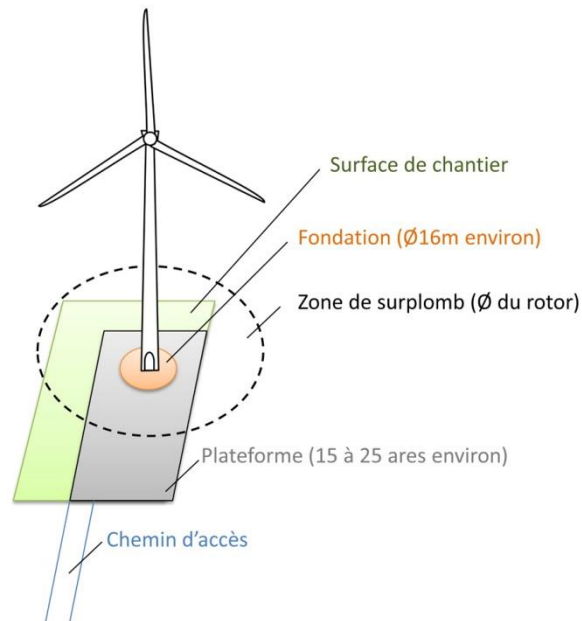


Figure 2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale)

❖ Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien :

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles existants ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

4.2. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Trois modèles d'éolienne différents sont envisagés pour le projet : des V150 de 4 MW du fabricant Vestas, des N149 de 4 MW du fabricant Nordex ou des SG145 de 4,5 MW du fabricant Siemens Gamesa. Les caractéristiques de ces modèles d'éolienne sont présentées ci-après :

Caractéristiques	Vestas V150 4 MW	Nordex N149 4 MW	Siemens Gamesa SG145 4,5 MW
Hauteur de moyeu	125 m	125 m	127,5 m
Diamètre du rotor	150 m	149,1 m	145 m
Hauteur en bout de pale	200 m	199,1 m	200 m

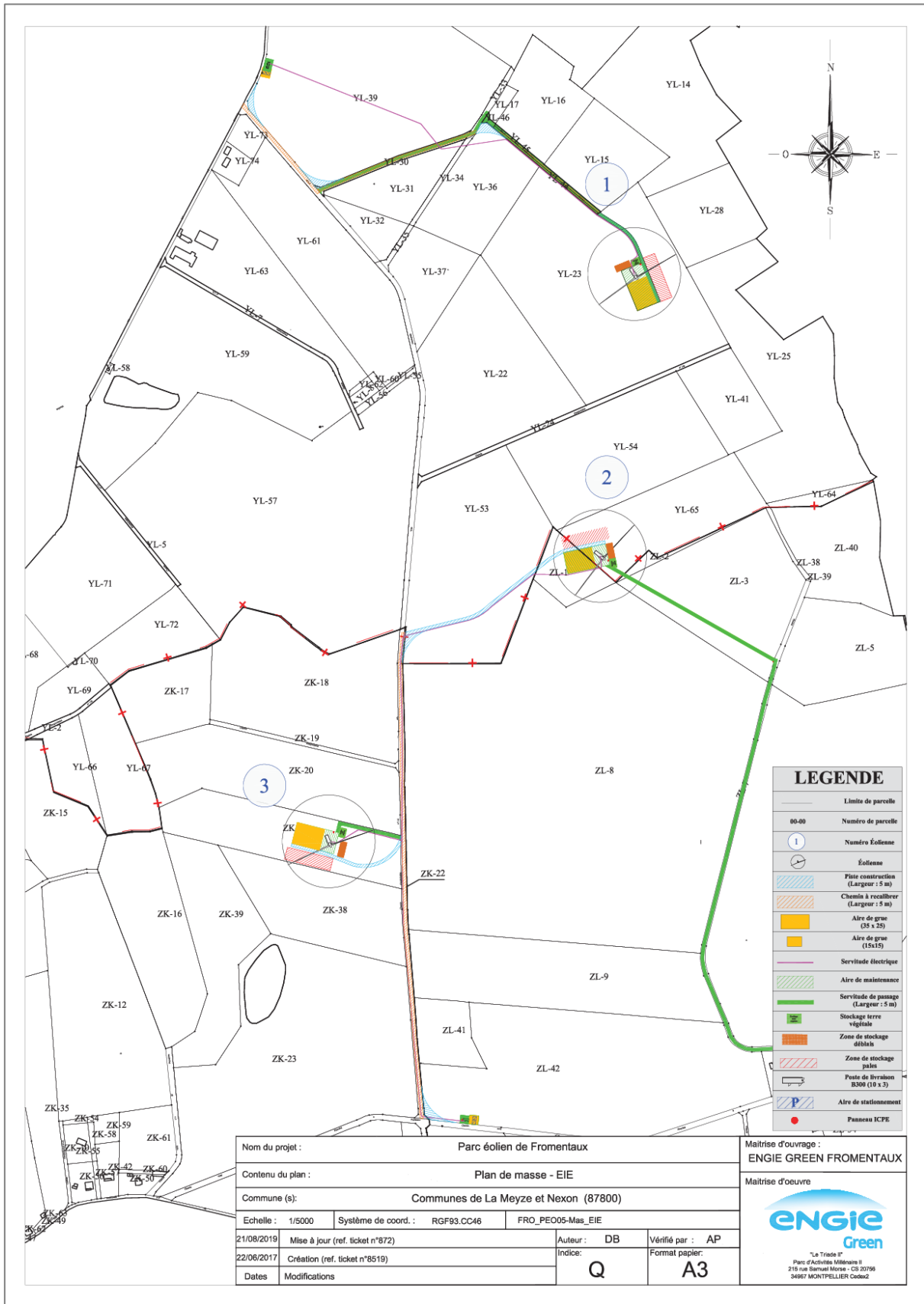
Tableau 2 : Caractéristiques des éoliennes envisagées

Le projet est un parc d'une puissance totale comprise entre 12 MW et 13,5 MW.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

EOLIENNE	Type	Commune	Section	N° parcelle	Altitude au sol	Hauteur	Altitude NGF en bout de pale	Lambert 93	
								X	Y
E1	V150 / N149 / SG145	Nexon	YL	23	384 m	199,1 à 200 m	583,1 à 584 m	559221	6505304
E2	V150 / N149 / SG145	Nexon	YL	65	385 m	199,1 à 200 m	584,1 à 585 m	559166	6504849
E3	V150 / N149 / SG145	La Meyze	ZK	37	392 m	199,1 à 200 m	591,1 à 592 m	558729	6504390
PDL Nord	-	Nexon	YL	39	400 m	2,8 m	402,8 m	558632	6505641
PDL Sud	-	La Meyze	ZL	42	387 m	2,8 m	389,8 m	558951	6503941

Tableau 3 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison



Carte 5 : Plan détaillé du parc éolien de Fromentaux (source : ENGIE Green)

4.3. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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 donnée (environ 2 m/s), et c'est seulement à partir de la vitesse de couplage au réseau que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne, comme son nom l'indique, plus rapidement. 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 la vitesse minimale nécessaire à la production maximale, on parle de production nominale.

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.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, dépasse la vitesse maximale de fonctionnement, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Pour le projet de Fromentaux, les caractéristiques maximales sont de l'ordre de :

- Vitesse de couplage au réseau : 3 m/s ;
- Vitesse minimale nécessaire à la production maximale : 11,5 m/s ;
- Vitesse de mise en drapeau : 26 m/s

4.4. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

Le porteur de projet a effectué plusieurs choix techniques au cours de la conception du projet afin de réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

Il a été choisi par le porteur de projet de respecter un éloignement d'au minimum 500 m autour des habitations, par rapport aux exigences issues de la Loi Grenelle II ; de plus, l'analyse des servitudes qui grèvent le terrain et les réponses transmises par les différents services administratifs consultés ont participé au choix de localisation, de définition de l'aire d'étude et de l'implantation des éoliennes.

Le contexte essentiellement agricole de l'environnement du projet et l'absence d'autres sources de dangers à proximité (ICPE SEVESO, ...) réduit les possibilités de mise en œuvre d'autres actions préventives.

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien de Fromentaux sont les suivantes :

- les fournisseurs des éoliennes et assurant leur maintenance, disposent d'un système de management HSE respecté par tous leurs salariés.
- le respect des règles de conduite et la limitation de la vitesse de circulation des engins et véhicules seront imposés. Un plan de circulation sera établi pour l'accès depuis les routes les plus proches.
- les interventions se font par du personnel possédant l'habilitation électrique et la législation du travail dans les installations en hauteur, après visite de conformité par un organisme de contrôle agréé. Les techniciens sont formés, entraînés et autorisés. Ils sont équipés de leurs EPI.

- des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées seront disponibles pour chacun des équipements.
- le design et l'assemblage des équipements respectent les normes en vigueur et normes constructeur.

Pour ce projet, la réduction des potentiels de danger à la source est donc principalement intervenue par le choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur.

5. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

6. SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

6.1. PRISE EN COMPTE DE L'EOLIENNE « MAXIMISANTE »

Afin de caractériser les différents scénarios retenus, nous utiliserons les données suivantes :

Elément		Sigle	Dimensions de la Vestas V150 4 MW (m)	Dimensions de la Nordex N149 4 MW (m)	Dimensions de la Siemens Gamesa SG145 4,5 MW (m)
Mât	Hauteur de moyeu	H	125	125	127,5
	Base	L	5	5	5
Pale	Longueur	R	73,66	72,4	71
	Largeur la plus importante	LB	4,2	4,2	4,2
Rotor	Diamètre	D	150	149,1	145

Tableau 4 : Caractéristiques des éoliennes (Source : Vestas, Nordex, Siemens Gamesa)

Considérant ces dimensions, le calcul des zones d'effets par modèle d'éolienne est le suivant :

Zone d'effet	Effondrement (m)	Chute de glace (m)	Chute d'éléments (m)	Projection éléments (m)	Projection de glace (m)
Vestas V150 4 MW	200	75	75	500	412,5
Nordex N149 4 MW	199,55	74,55	74,55	500	411,15
Siemens Gamesa SG145 4,5 MW	200	72,5	72,5	500	408,75

Tableau 5 : Calcul des zones d'effet en fonction des caractéristiques des éoliennes

Le calcul du degré d'exposition et de l'intensité par modèle est le suivant :

Modèle		Effondrement	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection éléments	Projection de glace
Vestas V150 4 MW	Degré d'exposition	0,87	0,01	0,88	0,02	0,00019
	Intensité	modérée	modérée	modérée	modérée	modérée
Nordex N149 4 MW	Degré d'exposition	0,86	0,01	0,87	0,02	0,00019
	Intensité	modérée	modérée	modérée	modérée	modérée
Siemens Gamesa SG145 4,5 MW	Degré d'exposition	0,86	0,01	0,90	0,02	0,00019
	Intensité	modérée	modérée	modérée	modérée	modérée

Tableau 6 : Calcul des zones d'effet en fonction des caractéristiques des éoliennes

Le porteur de projet a choisi d'analyser les scénarii en prenant en compte les zones d'effet les plus étendues et les intensités majorantes. Conformément aux tableaux ci-dessus, l'étendue maximale des zones d'effet et les niveaux d'intensité majorants sont :

Scénario	Zone d'effet (V150)	Intensité (V150)
Effondrement	200 m	modérée
Chute de glace	75 m	modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	75 m	modérée
Projection de pales ou de fragments de pales	500 m	modérée
Projection de glace	412,5 m	modérée

Tableau 7 : Caractéristiques retenues pour l'analyse des scénarii

Ainsi, les zones d'effet, les enjeux humains et les calculs d'intensité sont réalisés à partir des caractéristiques de la V150.

6.2. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ETUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité pour l'éolienne étudiée (V150). Les tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

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 200 m	Rapide	exposition modérée	D	Modéré pour E1 et E3 Sérieux pour E2
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol 75 m	Rapide	exposition modérée	C	Modéré
Chute de glace	Zone de survol 75 m	Rapide	exposition modérée	A	Modéré
Projection de pale ou de morceau de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D	Modéré pour E3 Sérieux pour E1 et E2
Projection de glace	$1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne 412,5 m	Rapide	exposition modérée	B	Modéré pour E1 et E3 Sérieux pour E2

Tableau 8 : Paramètres de risques

6.3. SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection de pale ou de fragment de pale pour E1 et E2 Effondrement de l'éolienne pour E2		Projection de glace pour E2	
Modéré		Effondrement de l'éolienne pour E1 et E3 Projection de pale ou de fragment de pale pour E3	Chute d'élément de l'éolienne	Projection de glace pour E1 et E3	Chute de glace

Légende de la matrice :

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

Tableau 9 : Matrice de criticité

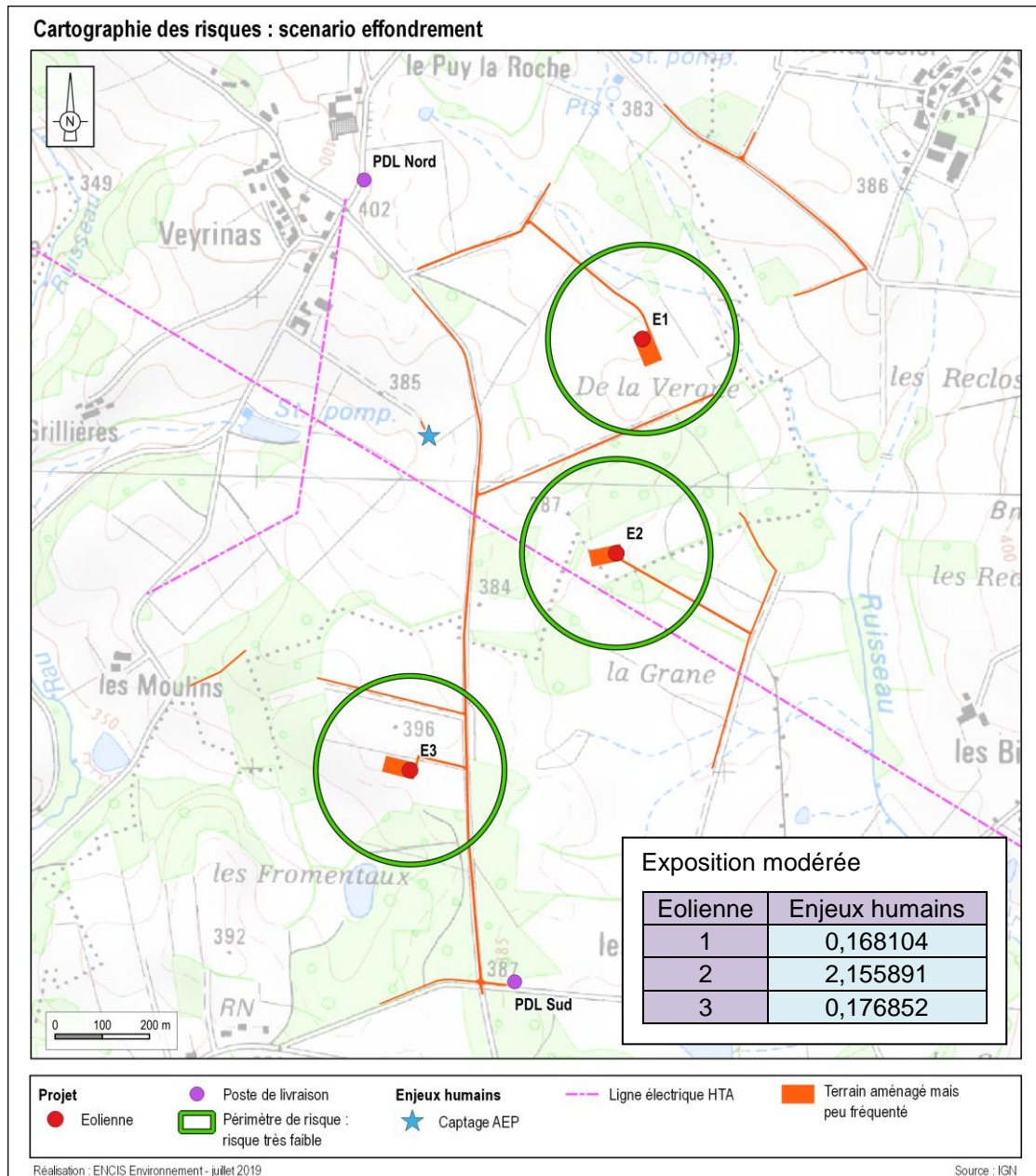
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- deux types d'accident (chute de glace ; projection de glace pour E2) figurent en case jaune. Il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

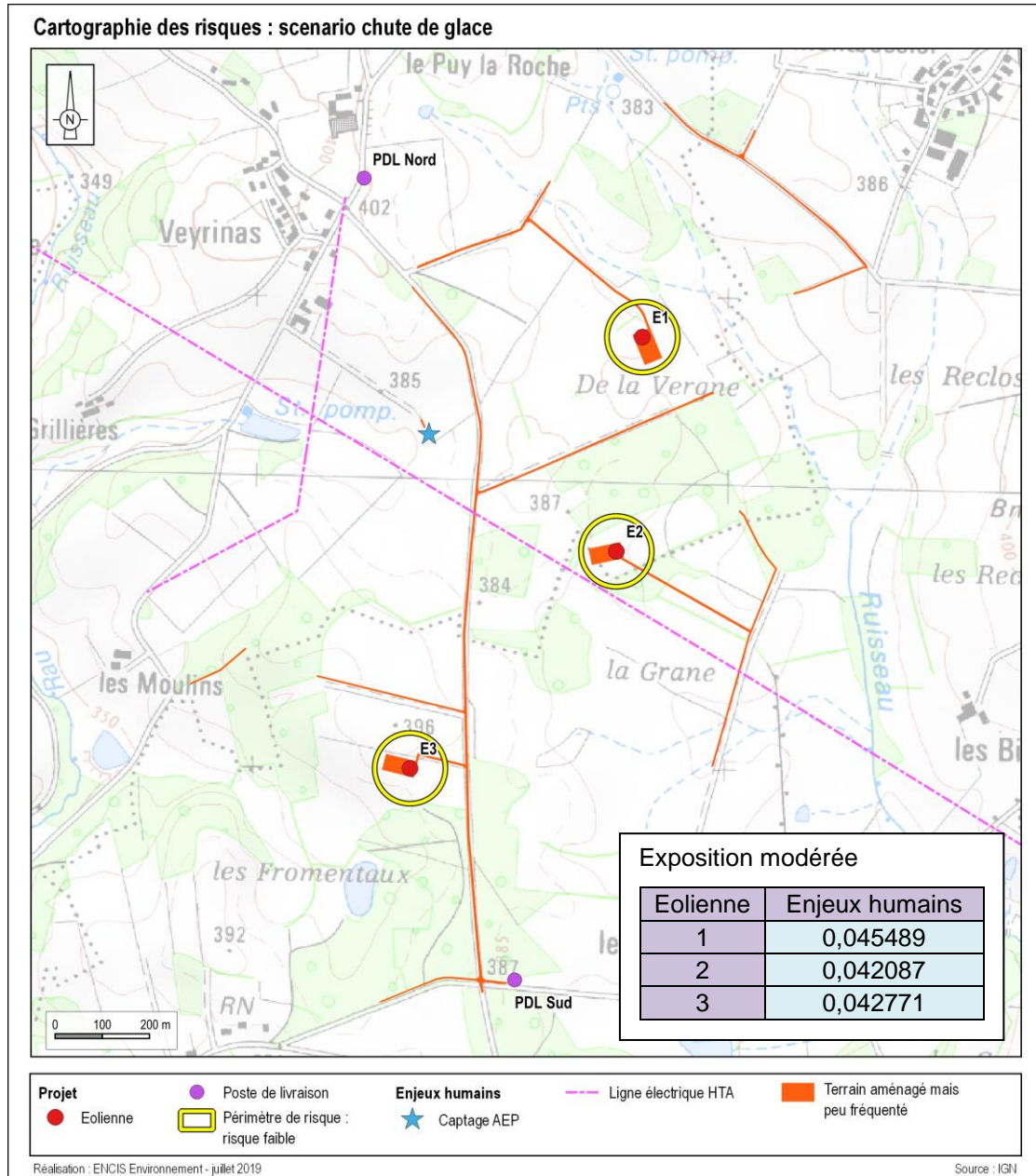
Le niveau de risque pour chaque scénario et pour chaque éolienne est jugé comme acceptable.

6.3.1. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

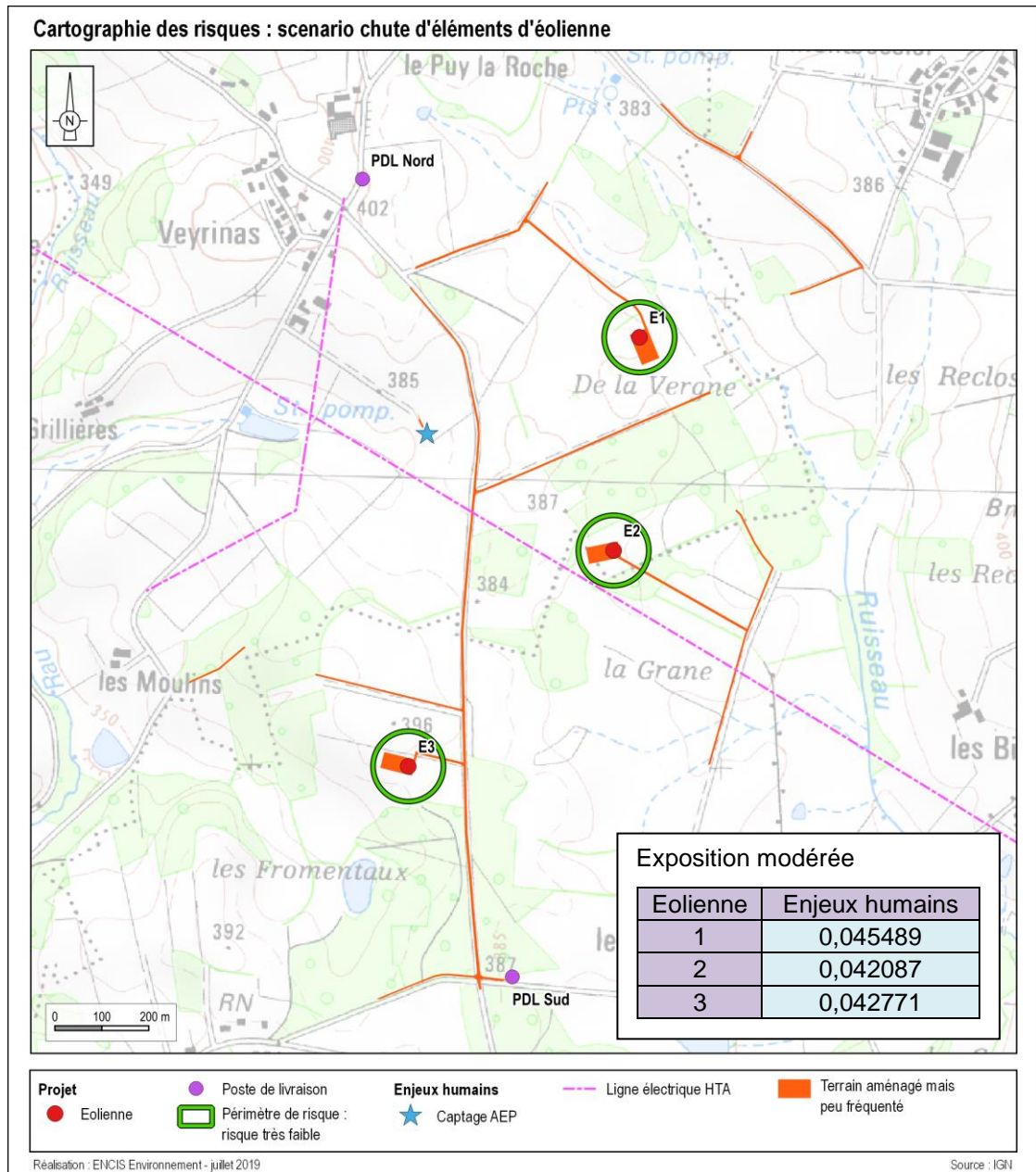
Les cartographies pages suivantes présentent pour chaque scénario et chaque éolienne la zone d'effet, les enjeux identifiés, l'intensité des phénomènes dangereux et le nombre de personnes exposées.



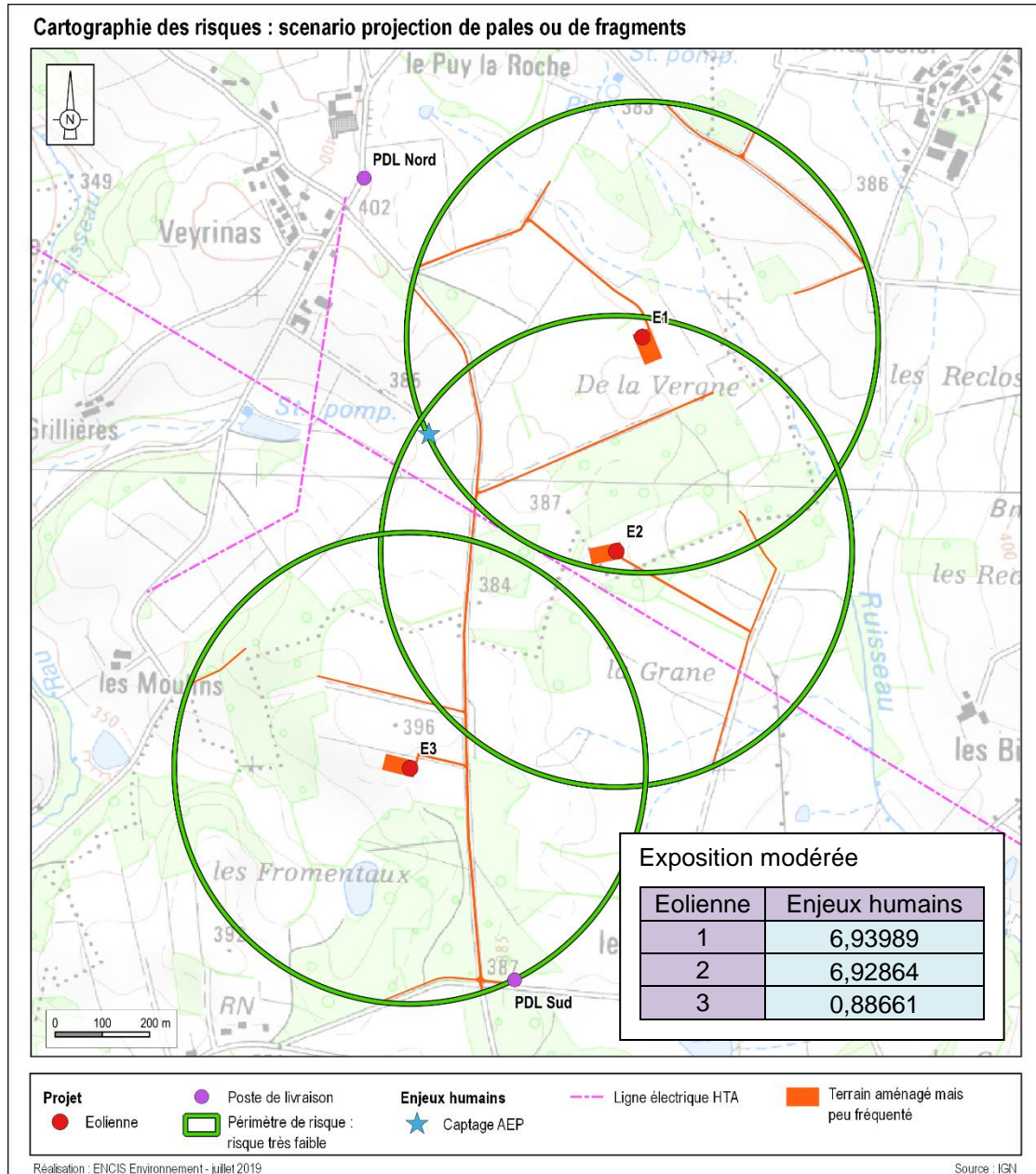
Carte 6 : Cartographie des risques – scenario : effondrement (Source : ENCIS Environnement)



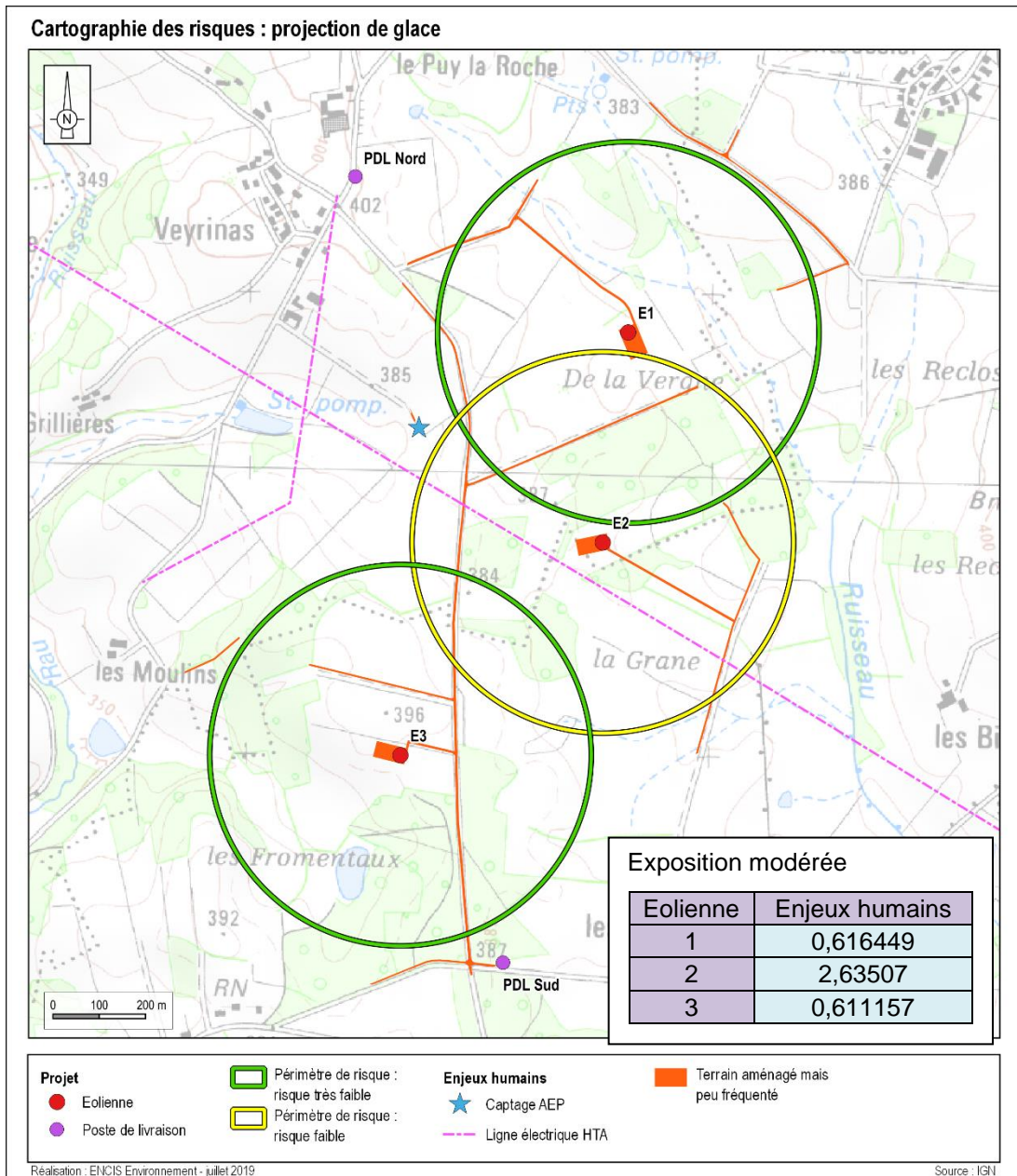
Carte 7 : Cartographie des risques – scenario : chute de glace (Source : ENCIS Environnement)



Carte 8 : Cartographie des risques – scenario : chute d'élément (Source : ENCIS Environnement)



Carte 9 : Cartographie des risques – scenario : projection d'élément (Source : ENCIS Environnement)



Carte 10 : Cartographie des risques – scénario : projection de glace (Source : ENCIS Environnement)

7. CONCLUSION

Suite à l'analyse menée dans cette étude de dangers, il ressort cinq accidents majeurs identifiés :

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

Pour chaque scénario, une probabilité a été calculée et une gravité donnée. Il en ressort que les risques sont très faibles (effondrement de l'éolienne, chute d'élément, projection de pale ou de morceau de pale, projection de glace pour E1 et E3) et faibles (chute de glace, projection de glace pour E2), mais dans tous les cas acceptables.

Scénario	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	D	Modérée pour E1 et E3 Sérieuse pour E2	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	C	Modérée	Acceptable
Chute de glace	A	Modérée	Acceptable
Projection d'éléments	D	Modérée pour E3 Sérieux pour E1 et E2	Acceptable
Projection de glace	B	Modérée pour E1 et E3 Sérieuse pour E2	Acceptable

Tableau 10 : Synthèse des scénarios et des risques

L'exploitant, de par sa démarche en amont, a réussi à limiter les risques. En effet, il a choisi de s'éloigner des habitations et les distances aux différentes infrastructures (ERP, routes) sont suffisantes pour avoir un risque acceptable.

De plus, son installation est conforme à la réglementation en vigueur (arrêté du 26/08/2011 relatif aux ICPE) et aux normes de construction.

Afin de garantir un risque acceptable sur l'installation, l'exploitant a mis en place des mesures de sécurité (voir tableau suivant) et a organisé une maintenance périodique (trois mois après le début de l'exploitation, puis tous les six mois).

Numéro de la fonction de sécurité	Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Panneautage en pied d'éolienne Eloignement des zones habitées et fréquentées
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice
4	Prévenir la survitesse	Détection de survitesse et système de freinage Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1
5	Prévenir les courts-circuits	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.
6	Prévenir les effets de la foudre	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur
7	Protection et intervention incendie	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de l'éolienne Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours
8	Prévention et rétention des fuites	Détecteurs de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
10	Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure maintenance
11	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite
12	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)
13	Prévenir les risques liés aux opérations de chantier	Mise en place d'une procédure de sécurité / rédaction d'un plan de prévention / Plan particulier de sécurité et de protection de la santé (PPSPS) Mise en place d'une restriction d'accès au chantier
14	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Inspection des équipements lors des maintenances planifiées Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes

Tableau 11 : Mesure de sécurité

ANNEXES : DEFINITIONS

CINETIQUE

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables.

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide. Ce paramètre ne sera donc pas détaillé à nouveau dans chacun des phénomènes redoutés étudiés par la suite.

INTENSITE

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]).

On constate que les scénarios retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

Dans le cas de scénarios de projection, l'annexe II de cet arrêté précise : « *Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant* ».

C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

- 5% d'exposition : seuils d'exposition très forte
- 1% d'exposition : seuil d'exposition forte

Le degré d'exposition est 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 modérée	Inférieur à 1 %

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

GRAVITE

Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

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

PROBABILITE

L'annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur :

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
A	Courant 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	Probable S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	Improbable 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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, 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

Il convient de noter que 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.

Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté.

La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités :

$$P_{\text{accident}} = P_{\text{ERC}} \times P_{\text{orientation}} \times P_{\text{rotation}} \times P_{\text{atteinte}} \times P_{\text{présence}}$$

P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

$P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)

P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)

P_{atteinte} = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation)

$P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné

Dans le cadre des études de dangers des éoliennes, une approche majorante assimilant la probabilité d'accident (P_{accident}) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.