

Dossier de demande d'autorisation environnementale

Région Auvergne-Rhône-Alpes
Département de la Haute-Loire (43)
Commune de Pradelles

Projet de parc éolien de Pradelles

*Extension du parc éolien de la Montagne Ardéchoise
Zone Nord*

LIVRE 4.1 : Résumé non-technique de l'étude de dangers

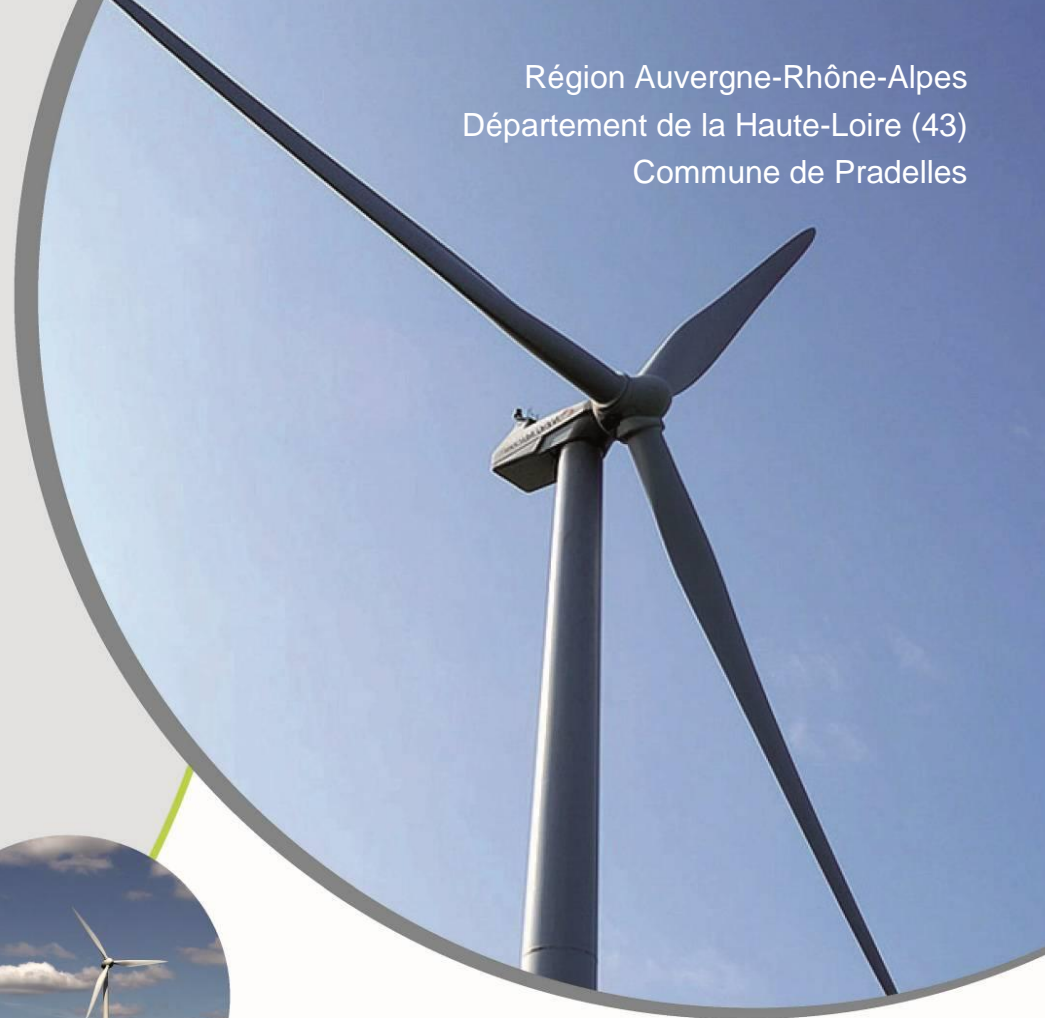
Maître d'Ouvrage :
SAS PARC EOLIEN DE PRADELLES

Adresse du Demandeur :

SAS Parc éolien de Pradelles
Chez EDF Renouvelables France
43 boulevard des Bouvets
CS 90310
92741 NANTERRE CEDEX

Adresse de Correspondance :

EDF Renouvelables France
55ter Avenue René Cassin
69009 LYON
Tél : 04 81 07 20 37
Email : quentin.sicard@edf-re.fr



*Jun 2022
Complété juin 2023*

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
2. PERIMETRE D'ETUDE.....	3
3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET IDENTIFICATION DES ENJEUX	4
4. SYNTHESE DES ENJEUX	5
5. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION – PROCEDE ET FONCTIONNEMENT.....	5
6. POTENTIELS DE DANGER DE L'INSTALLATION ET AGRESSIONS POTENTIELLES	7
7. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	8
8. EVALUATION PRELIMINAIRE DES RISQUES	9
9. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	9
10. SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES.....	11
11. CONCLUSION	12
12. CARTOGRAPHIE DES RISQUES SIGNIFICATIFS	13

Projet éolien de Pradelles

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS

1. INTRODUCTION

Ce document constitue le résumé non technique de l'étude de dangers du projet du « parc éolien de Pradelles – Extension du parc éolien de la Montagne Ardéchoise Zone Nord » (appelé projet éolien de Pradelles dans la suite du document). Ce projet est situé sur la commune de Pradelles (département de la Haute Loire), et est constitué de 4 éoliennes et d'un poste de livraison pour une puissance totale maximale de 12 MW.

Le projet du parc éolien de Pradelles est porté par la société *SAS Parc éolien de Pradelles*, filiale à 100 % de la société *EDF Renouvelables France*. La présentation des sociétés *SAS Parc éolien de Pradelles* et *EDF Renouvelables France* figure dans le dossier de demande d'autorisation environnementale.

Les éoliennes retenues pour ce parc éolien sont des éoliennes pouvant présenter une hauteur totale maximale de 145 mètres. A noter que pour le choix du modèle d'éolienne de ses projets, EDF Renouvelables France est soumis à des appels d'offres régis par la Directive Européenne 2004/17. A ce titre et à ce stade du projet, le porteur de projet ne précise pas un modèle particulier d'éolienne dans ses dossiers. Seul le gabarit de l'éolienne est précisé.

Afin de ne pas sous-estimer les risques dans le cadre de l'étude de dangers, le gabarit majorant du point de vue de l'étude de dangers a été retenu parmi les différents gabarits envisagés pour le projet, soit une éolienne présentant une hauteur d'axe de 95 mètres et un diamètre de rotor de 101 mètres, pour une hauteur totale maximale de 145 mètres, et de classe de solidité intrinsèque de la machine et d'adéquation aux conditions du site du projet : IEC II selon la norme IEC61400-1.

La machine retenue dans la version finale du projet correspondra à une éolienne présentant des dimensions inférieures ou égales, construite selon les mêmes normes et présentant les mêmes dispositifs de sécurité, les mêmes certifications et sera de classe IEC équivalente ou plus robuste.

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

Le projet de parc éolien de Pradelles comportant des éoliennes de plus de 50 m de mât relève du régime d'autorisation environnementale, 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.

L'étude de dangers réalisée s'appuie sur le guide technique « 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. Certaines données du guide ont été actualisées par le bureau d'études en charge de la présente étude (notamment les données

d'accidentologie et les calculs de probabilité qui en découlent). L'étude comporte également des données spécifiques fournies par les constructeurs des éoliennes.

2. PERIMETRE D'ETUDE

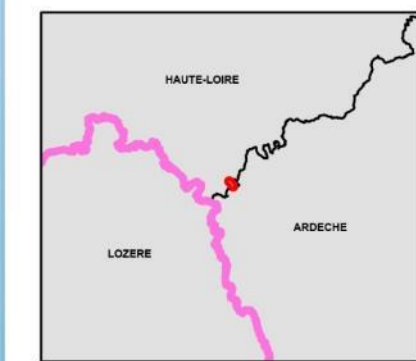
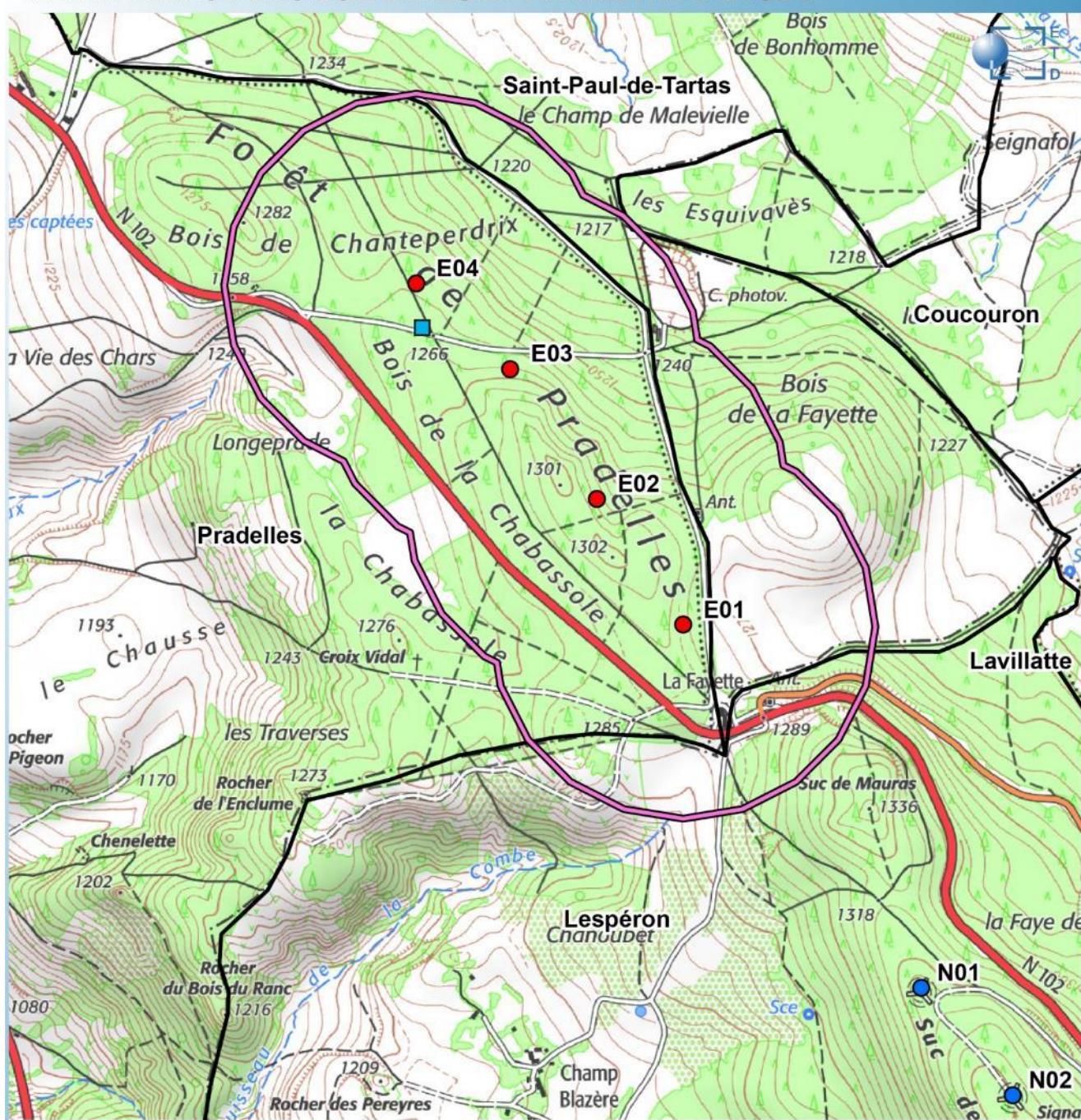
Compte tenu de la spécificité d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne. Chaque aire d'étude correspond à un périmètre de 500 mètres autour du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut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

Le bâtiment du poste de livraison est situé en bordure du chemin appelé la "Grande allée" à l'entrée nord du site, à 110 m environ de l'éolienne E4. A noter que les postes de livraison ne présentent pas d'enjeu en dehors de leurs limites de propriété.

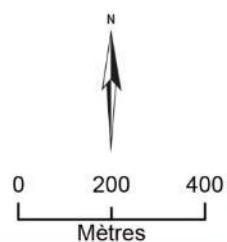
Le périmètre global d'étude des 500 mètres concerne les communes de Pradelles, Saint-Paul-de-Tartas (Haute Loire), et Lespéron (Ardèche).

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

IDENTIFICATION DES ÉOLIENNES ET PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE



- Eoliennes existantes des Montagnes Ardéchoises Zone Nord
- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude (500m)
- Poste de livraison
- Limite communale



Sources : ETD, Scan25 @IGN, 2021.

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

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET IDENTIFICATION DES ENJEUX

Le projet de Pradelles est situé en région Auvergne Rhône Alpes sur la commune de Pradelles (département de la Haute Loire). Les 4 éoliennes du projet sont implantées en continuité nord-ouest de la ligne des 8 éoliennes existantes du parc éolien de la Montagne Ardéchoise zone nord, sur des terrains sylvicoles en exploitation. Les 4 éoliennes sont réparties à des distances comprises entre 331 et 408 m les unes des autres, et à des altitudes comprises entre 1264 et 1289 mètres.

Conformément à la loi du 12 juillet 2010, les éoliennes sont toutes situées à plus de 500 m des habitations.

La plus grande partie du périmètre de l'étude est situé en milieu forestier. Les éoliennes sont situées à environ 1,5 km du bourg de Pradelles. A l'approche du site, on note la présence de quelques hameaux ou maisons isolées.

L'habitation la plus proche est l'ancienne maison forestière située en lisière de la Forêt de Pradelles au nord du site. Dans un rayon de 1200 m des éoliennes, on trouve seulement 2 hameaux et 1 habitation isolée. Les distances entre ces habitations et les éoliennes sont les suivantes (voir carte ci-après) :

Habitation	éolienne	distance
Maison forestière	E04	784 m
Restaurant Aux légendes	E04	994 m
Maison Champ Blazère	E01	1166 m

Le périmètre des 500 m autour des éoliennes du projet correspond majoritairement à des terrains sylvicoles en exploitation, et pour une moindre partie à des terrains agricoles (prairies naturelles, friches et élevage extensif)

La route nationale RN 102 traverse le périmètre des 500 m des 4 éoliennes du projet. Elle est considérée comme voie de circulation structurante² avec un TMJA (Trafic Moyen Journalier Annuel) de 3680 véhicules par jour, dont 15% de poids lourds. L'éolienne du projet la plus proche de la RN 102 est l'éolienne E01 (à 160 m).

La route départementale RD 110 (Ardèche) traverse le périmètre des 500 m de l'éolienne E01. Cette route est non structurante avec un TMJA inférieur à 1000 véhicules par jour. Les autres voies de circulation traversant le périmètre de l'étude de dangers correspondent à quelques dessertes locales et à quelques chemins d'exploitation forestière carrossables.

Une aire de pique-nique est aménagée en bordure de la RN 102 (voie de transit de nombreux touristes). Cette aire de pique-nique est située à l'intérieur du périmètre des 500 m de l'éolienne E04, à une distance de 300 m environ de l'éolienne. La surface totale (aire de pique-nique, accès, parking) prise en compte à l'intérieur du périmètre de l'étude est d'environ 3 600 m².

Quelques boucles locales de randonnée pédestre ou VTT traversent le périmètre des 500 m des 4 éoliennes du projet. Ces sentiers de randonnée ont été pris en compte dans l'étude.

Aucune voie ferrée, ni aucune voie navigable, ne traverse le périmètre de l'étude de dangers. On ne note aucun établissement recevant du public ni aucune zone d'activité dans le périmètre de l'étude.

² C'est-à-dire dont le trafic moyen journalier annuel est supérieur à 2000 véhicules par jour.

Aucune ligne électrique de transport n'existe à moins de 200 mètres³ des éoliennes du projet. Le périmètre de l'étude n'est traversé par aucun réseau électrique haute tension, aérien ou souterrain.

4. SYNTHÈSE DES ENJEUX

Au final, et selon les critères de l'étude de dangers⁴, 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, exploitants forestiers, agriculteurs) présentes dans le périmètre de l'étude.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation du périmètre de l'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 très peu fréquentés (terrains forestiers et agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les sentiers et circuits pédestres et VTT traversant le périmètre de l'étude: hypothèse : 2 personnes permanentes par km (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour).
- Les terrains aménagés potentiellement fréquentés (l'aire de pique-nique et son parking) avec l'hypothèse de 10 personnes permanentes par ha en moyenne annuelle.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.
- La voie de circulation structurante (RN 102, trafic : 3680 v/j) avec l'hypothèse forfaitaire de 0,4 personne permanente par km et par tranche de 100 véhicules par jour.

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 :

Eol.	Enjeu: personnes non abritées						Enjeu: véhicules						Total epp
	Terrains non aménagés		Terrains aménagés potentiellement fréquentés		Sentiers de randonnée		Voies peu fréquentées			Voies structurantes			
	S (ha)	epp	S (ha)	epp	L (m)	epp	L (m)	S (ha)	epp	L (m)	v/j	epp	
E01	78.5	0.8			2668	5.3	3 825	2.30	0.2	1 111	3680	16.4	22.7
E02	78.5	0.8			2023	4.0	3 107	1.86	0.2	879	3680	12.9	18.0
E03	78.5	0.8			2005	4.0	3 684	2.21	0.2	781	3680	11.5	16.5
E04	78.5	0.8	0.36	3.6	1705	3.4	4 844	2.91	0.3	741	3680	10.9	19.0

³ Distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel.

⁴ 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 environnementale 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.

5. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION – PROCÉDE ET FONCTIONNEMENT

Le parc éolien de Pradelles est destiné à la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des aérogénérateurs d'une hauteur totale maximale de 145 mètres. A ce titre, cette installation est soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

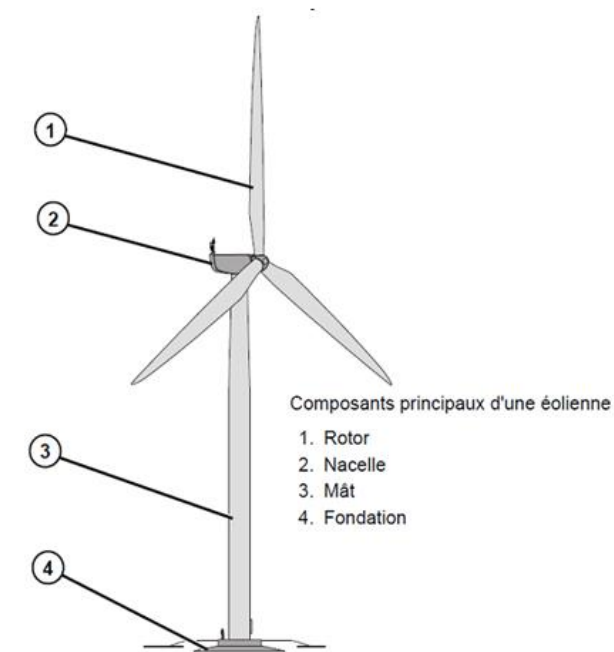
Le projet du parc éolien de Pradelles est composé de 4 éoliennes et d'un poste de livraison. La puissance totale maximale du projet est de 12 MW.

Les coordonnées des éoliennes et de la structure de livraison (PDL) sont les suivantes :

Pradelles	Lambert 93		Géo (°) WGS 84		Altitude terrain
	X	Y	Longitude	Latitude	(m)
E01	772216	6408085	3.912703°	44.768153°	1287
E02	771991	6408412	3.909907°	44.771120°	1289
E03	771766	6408752	3.907113°	44.774204°	1273
E04	771521	6408974	3.904048°	44.776228°	1264
PDL	771536	6408859	3,904224°	44,775190°	1268

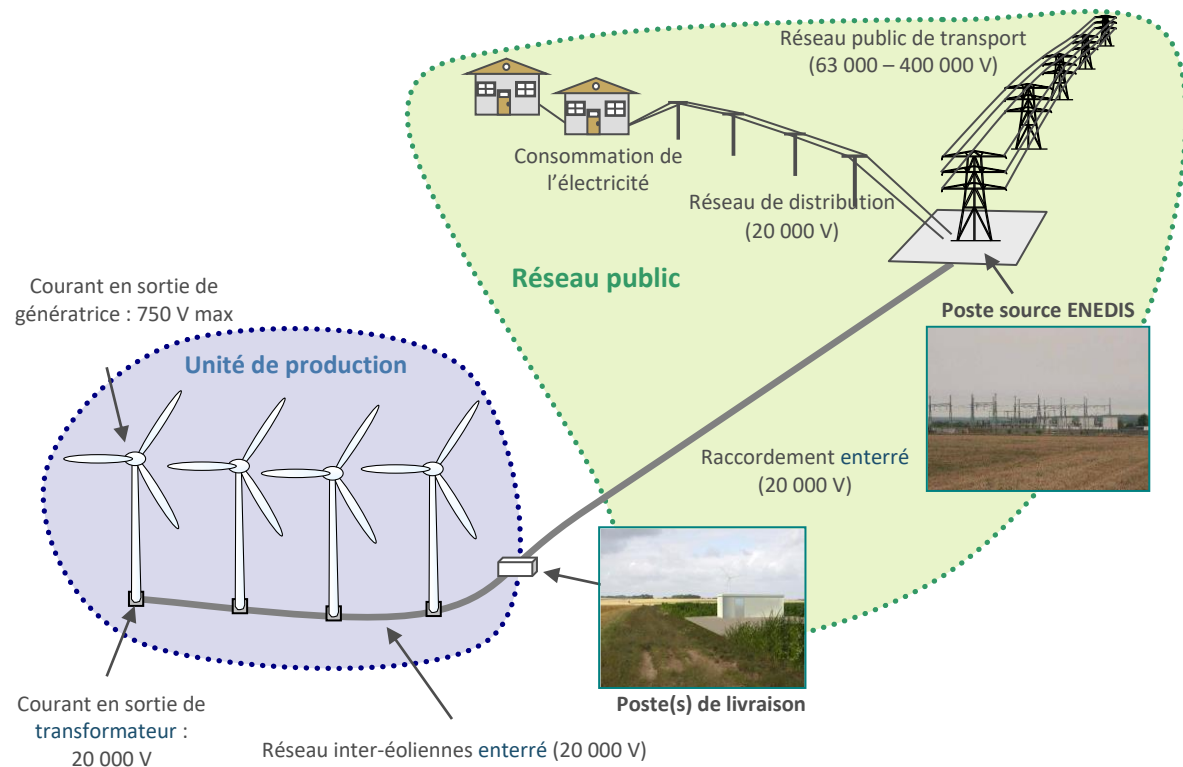
Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

- 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 dans le pied de mât ou dans la nacelle) 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'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 :



La liaison postes de livraison - poste source

L'énergie produite par le parc éolien est centralisée vers les postes de livraison et ensuite injectée sur le réseau EDF via une liaison HTA (20 000 V) enterrée et à réaliser entre les postes de livraison et le poste source Enedis ou RTE.

Ce raccordement est prévu au poste électrique de Langogne situé à environ 7 km à l'ouest du site.

Le tableau qui suit synthétise les caractéristiques de fonctionnement des éoliennes retenues pour l'étude:

Eoliennes du projet		
Température ambiante d'opération	-20 °C à +40 °C	
Certificat	Classe II ou classe I selon IEC 61400-1	
Conception technique	Puissance nominale	2000 kW à 3000 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle (pitch) et vitesse de rotation variable
	Diamètre du rotor	100 m ou 101 m
	Hauteur du moyeu	95 m ou 91 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	8 012 m ² (101 m)
	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)
	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
Transformateur <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</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 transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle. Tension de 20 kV à la sortie

Eoliennes du projet		
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

Les éoliennes retenues 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.

La classe de vent des éoliennes retenues selon la norme IEC 61400-1 correspondra aux caractéristiques du site (certification au titre de la solidité intrinsèque de la machine et de son adéquation aux conditions du site du projet).

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

6. 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 matière première, ni de produit pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas 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 (pale ou 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 des postes de livraison) pouvant conduire à un départ de feu.

Les agressions externes potentielles

Pour ce projet, on note la présence de voies de circulation dans un rayon inférieur à 200 m autour des éoliennes (voies de circulation structurantes et non structurantes). L'explosion ou la sortie de route d'un véhicule sont considérées comme pouvant être dangereuses pour les éoliennes. La voie de circulation la plus proche des éoliennes est un chemin forestier situé à 15 m de l'éolienne E04.

Par ailleurs : aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km des éoliennes. Aucune installation classée pour l'environnement (autre que les autres éoliennes du projet) n'est présente dans un rayon de 500 m des éoliennes. Il n'existe aucune ligne THT de transport électrique, ni aucune canalisation 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.

La classe de vent des éoliennes retenues selon la norme IEC 61400-1 correspondra aux caractéristiques du site. A noter que 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.

A noter que les machines sont équipées d'un système de détection par déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Les machines sont également équipées de l'option pales chauffantes destinées à prévenir la l'accumulation de glace sur les pales.

En ce qui concerne le risque sismique : Le projet figure en zone de sismicité 2 (faible). Il sera donc tenu de respecter les règles de construction parasismique

Réduction des potentiels de danger à la source

Le porteur du projet est contraint de réduire autant que possible les potentiels de dangers en intégrant cet aspect dans la conception du projet.

Les éoliennes doivent être légalement éloignées d'au minimum 500 m des habitations. La distance minimale aux habitations observée sur ce projet est de 784 m (maison forestière au nord du site).

Les éoliennes sont implantées sur des terrains forestiers et agricoles. Les autres enjeux rencontrés dans le périmètre de l'étude de dangers (soit dans le rayon des 500 m autour des éoliennes) sont ceux liés à la présence de voies de circulation structurantes (RN101) et non structurantes (dessertes locales et chemins forestiers) ainsi qu'à la proximité de quelques sentiers de randonnée. L'aire de pique-nique bordant la RN 101 a également été considérée.

Aucune voie ferrée ou voie navigable ne traverse le périmètre de l'étude de dangers. On ne note aucun établissement recevant du public et aucune zone d'activité dans le périmètre de l'étude.

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, la classe de vent des éoliennes retenues selon la norme IEC 61400-1 correspondra aux caractéristiques du site. L'éolienne retenue est aussi conforme 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 déduction de givre sur les pales, voire l'arrêt complet de la machine en cas de gel sévère. L'option dégivrage des pales (pales chauffantes) a également été retenue pour les éoliennes du projet. Conformément à la réglementation ICPE, des panneaux d'information seront mis en place pour informer les riverains des risques éventuels.

7. 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 été à l'origine de décès de personnes extérieures à l'exploitation.

Il apparaît que le nombre d'accidents (par éolienne) en France est stabilisé depuis 10 ans à entre 1 et 2 accidents par an pour 1000 éoliennes installées (soit une dizaine d'accidents par an pour les 2 dernières années). L'analyse des accidents en France ne montre aucun blessé en dehors du personnel de maintenance.

En France plus particulièrement, les seuls décès constatés aujourd'hui sont liés à la maintenance, ou bien aux efforts fournis pour atteindre le haut d'une éolienne (décès par crise cardiaque).

A noter que les données d'accidentologie utilisées, notamment pour les calculs de probabilité qui en découlent, ont été actualisées par le bureau d'études en charge de la présente étude.

Le risque pour le personnel de maintenance relève de la prévention des risques et des procédures de sécurité au travail, formalisées par le document unique de l'exploitant. L'introduction de visiteurs dans une éolienne relève de la responsabilité de l'exploitant et ne peut se faire que dans le cadre de son plan de prévention. Ces 2 risques sont exclus de l'analyse des risques de l'étude de dangers telle qu'elle est définie par le guide technique « 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.

8. 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 évènements 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, évènements climatiques d'intensité supérieure aux évènements historiquement connus ou prévisibles, chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou d'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, 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.

Les éoliennes retenues sont dotées d'un système de contrôle/commande qui centralise les informations issues des différents capteurs des éoliennes 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.

Les éoliennes sont équipées 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.

9. 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, forestiers, agriculteurs) présentes dans le périmètre de l'étude.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation 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 événements. 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 de l'éolienne, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Evènement	Portée maximale
chute d'éléments ou de pale	52 m
chute de glace	52 m
effondrement de l'éolienne	145 m
projection glace	294 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.

Dans le cas du projet du parc éolien de Pradelles, l'exposition a été jugée forte pour les événements « chute de pale » et « effondrement de l'éolienne », c'est-à-dire que le rapport entre l'élément d'impact et la surface de la zone d'effet est supérieur à 1%. L'exposition a été jugée modérée pour les 3 autres événements, c'est-à-dire que le rapport entre l'élément d'impact et la surface de la zone d'effet est inférieur à 1%.

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 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 »

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 dangers (fiche n°1 de la circulaire). Ont été distingués ici :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains forestiers et agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les sentiers et circuits pédestres et VTT traversant le périmètre de l'étude: hypothèse : 2 personnes permanentes par km (pour une fréquentation inférieure à 100 personnes par jour).
- Les terrains aménagés potentiellement fréquentés (l'aire de pique-nique et son parking) avec l'hypothèse de 10 personnes permanentes par ha en moyenne annuelle.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.
- La voie de circulation structurante (RN 102, trafic : 3680 v/j) avec l'hypothèse forfaitaire de 0,4 personne permanente par km et par tranche de 100 véhicules par jour.

Le détail par éolienne figure au paragraphe 8 - « Etude détaillée des risques » de l'étude. Pour le projet étudié, le niveau de gravité rencontré varie de « modéré » à « important » selon les événements ou les éoliennes.

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 monde⁵. 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 événements 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	C	Improbable Evènement déjà rencontré sans que les mesures de corrections apportées garantissent sa réduction significative

⁵ Certaines données du guide ont été actualisées (notamment les données d'accidentologie et les calculs de probabilité qui en découlent).

Synthèse : caractérisation des accidents majeurs

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

Scénario	Zone d'effet (rayon)	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	145 m	Rapide	Exposition forte	D rare	Important pour l'éolienne E01 Sérieux pour les éoliennes E02 à E04
Chute de glace	Zone de survol 52 m	Rapide	Exposition modérée	A courant	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol 52 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	C improbable	Important pour toutes les éoliennes
Projection de glace	294 m	Rapide	Exposition modérée	B probable	Sérieux pour toutes les éoliennes

Synthèse de l'étude détaillée des risques

10. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

Pour conclure sur 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 de Pradelles					
Matrice des risques		Niveau de gravité des conséquences			
		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
Niveau de gravité des conséquences	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important	Effondrement (145 m) Eolienne E01	Projection d'éléments (500 m) Toutes les éoliennes		
	Sérieux	Effondrement (145 m) Eoliennes E01 à E04	Chute d'éléments (52 m) Toutes les éoliennes	Projection de glace (294 m) Toutes les éoliennes	
	Modéré				Chute de glace (52 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), c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà précisées.

11. CONCLUSION

L'étude de dangers des 4 éoliennes du projet éolien de Pradelles a été 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 »⁶.

Plusieurs modèles d'éoliennes d'un gabarit proche sont aujourd'hui envisagés sur ce projet. Afin de ne pas sous-estimer les risques dans le cadre de la présente étude, le gabarit majorant du point de vue de l'étude de dangers a été retenu parmi les différents gabarits envisagés pour le projet, soit une éolienne présentant une hauteur d'axe de 95 mètres et un diamètre de rotor de 101 mètres, pour une hauteur totale maximale de 145 mètres, et de classe de solidité intrinsèque de la machine et d'adéquation aux conditions du site du projet : IEC II selon la norme IEC61400-1. La machine retenue dans la version finale du projet correspondra à une éolienne présentant des dimensions inférieures ou égales, construite selon les mêmes normes et présentant les mêmes dispositifs de sécurité, les mêmes certifications et sera de classe IEC équivalente ou plus robuste.

L'étude 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) :

- Effondrement de l'éolienne (portée 145 m, classe de probabilité : « rare »)
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée 52 m, « improbable »)
- Chute de glace (portée 52 m, « courant »)
- Projection de glace (portée 294 m, « probable »)
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, « improbable »)

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés: personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs et forestiers) présentes sur les terrains non aménagés (terrains agricoles et forestiers), les terrains aménagés (aire de pique-nique en bordure de la RN 102) ou sur les sentiers de randonnée traversant les périmètres, ainsi que les véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation concernées (voies à faible circulation et chemins d'exploitation et voies structurantes : RN 102).

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 présence de glace ;
- les pales chauffées ;
- 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

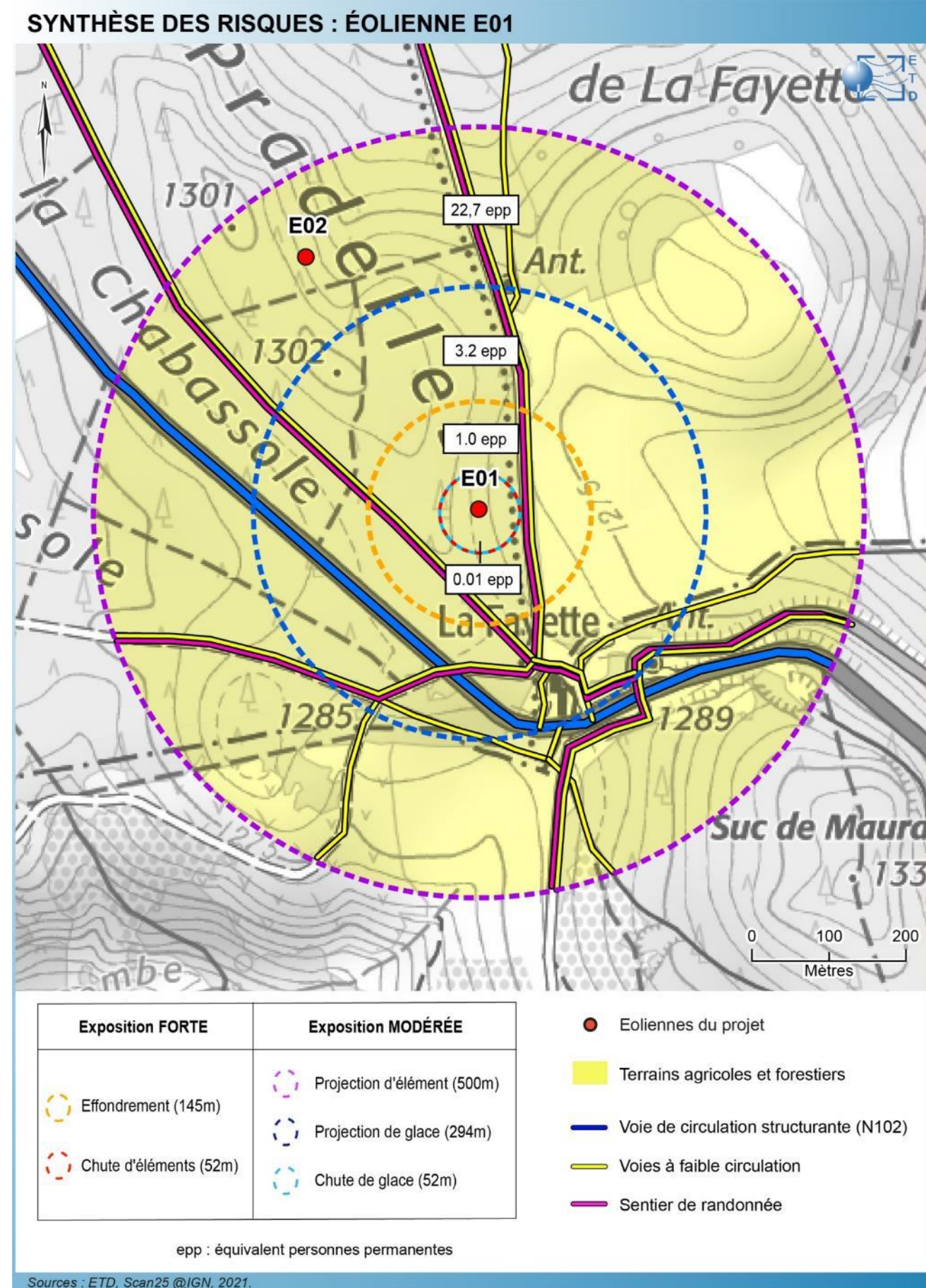
réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts. Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ». Enfin le respect des prescriptions du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 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.

⁶ [19] - SER, FEE, INERIS – Mai 2012. Certaines données du guide ont été actualisées (notamment les données d'accidentologie et les calculs de probabilité qui en découlent).

12. CARTOGRAPHIE DES RISQUES SIGNIFICATIFS

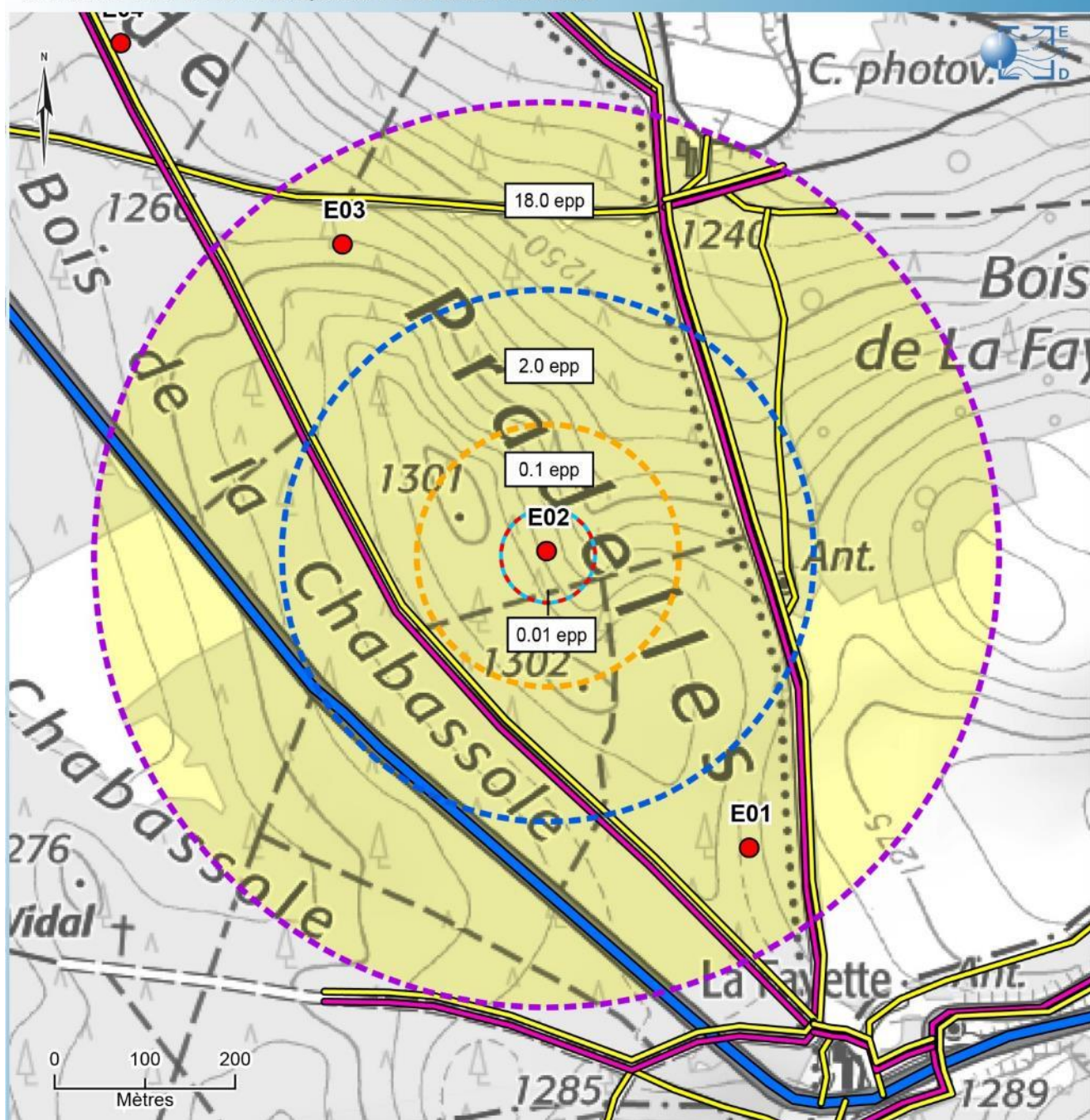
Les cartes de synthèse des risques qui figurent en pages suivantes font apparaître **pour chaque éolienne** et pour chacun des phénomènes dangereux retenus :

- 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) ;



Carte de synthèse des risques : éolienne E01

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E02



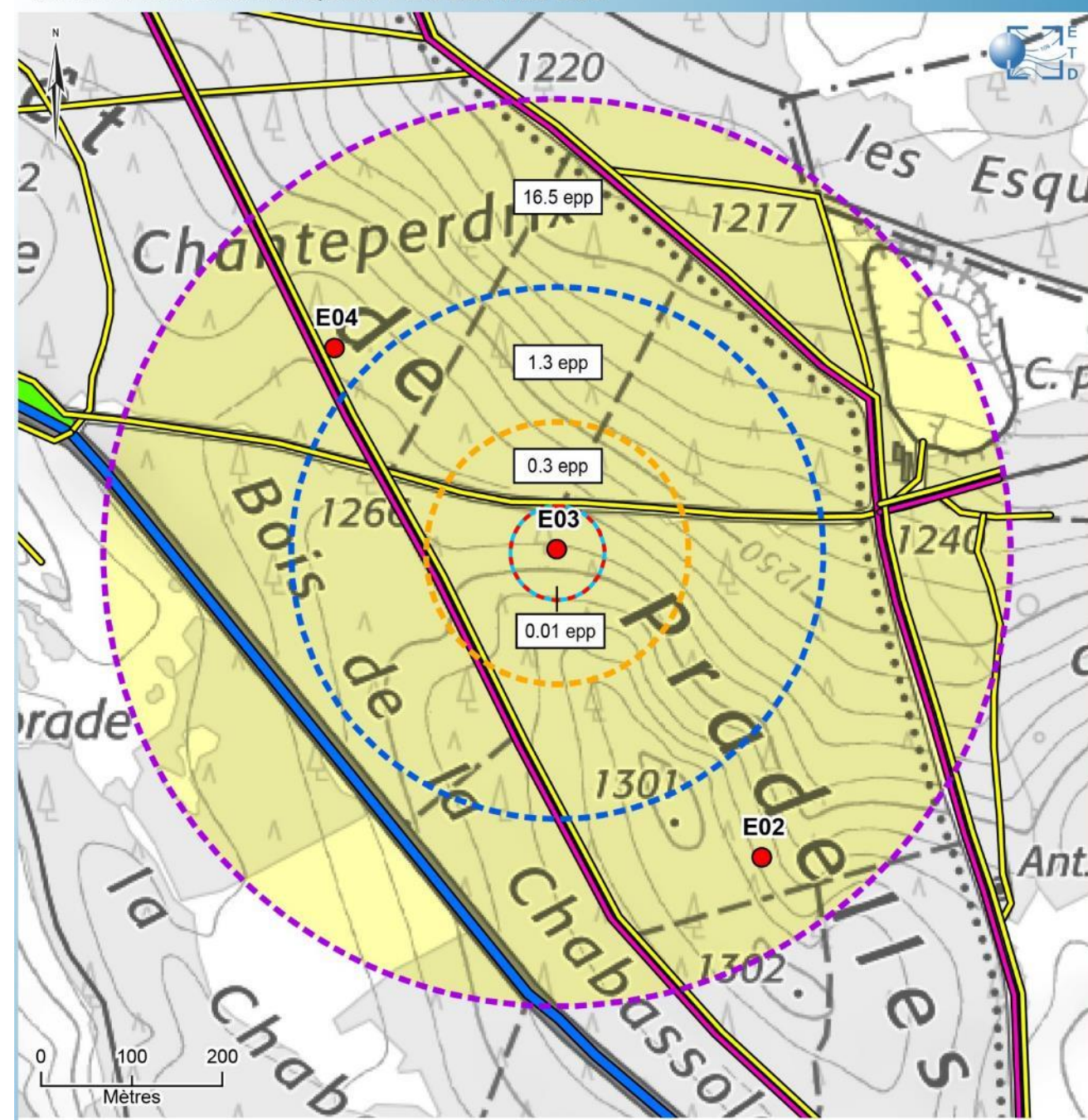
Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE	
Effondrement (145m)	Projection d'élément (500m)	Eoliennes du projet
Chute d'éléments (52m)	Projection de glace (294m)	Terrains agricoles et forestiers
	Chute de glace (52m)	Voie de circulation structurante (N102)
		Voies à faible circulation
		Sentier de randonnée

epp : équivalent personnes permanentes

Sources : ETD, Scan25 @IGN, 2021.

Carte de synthèse des risques : éolienne E02

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E03



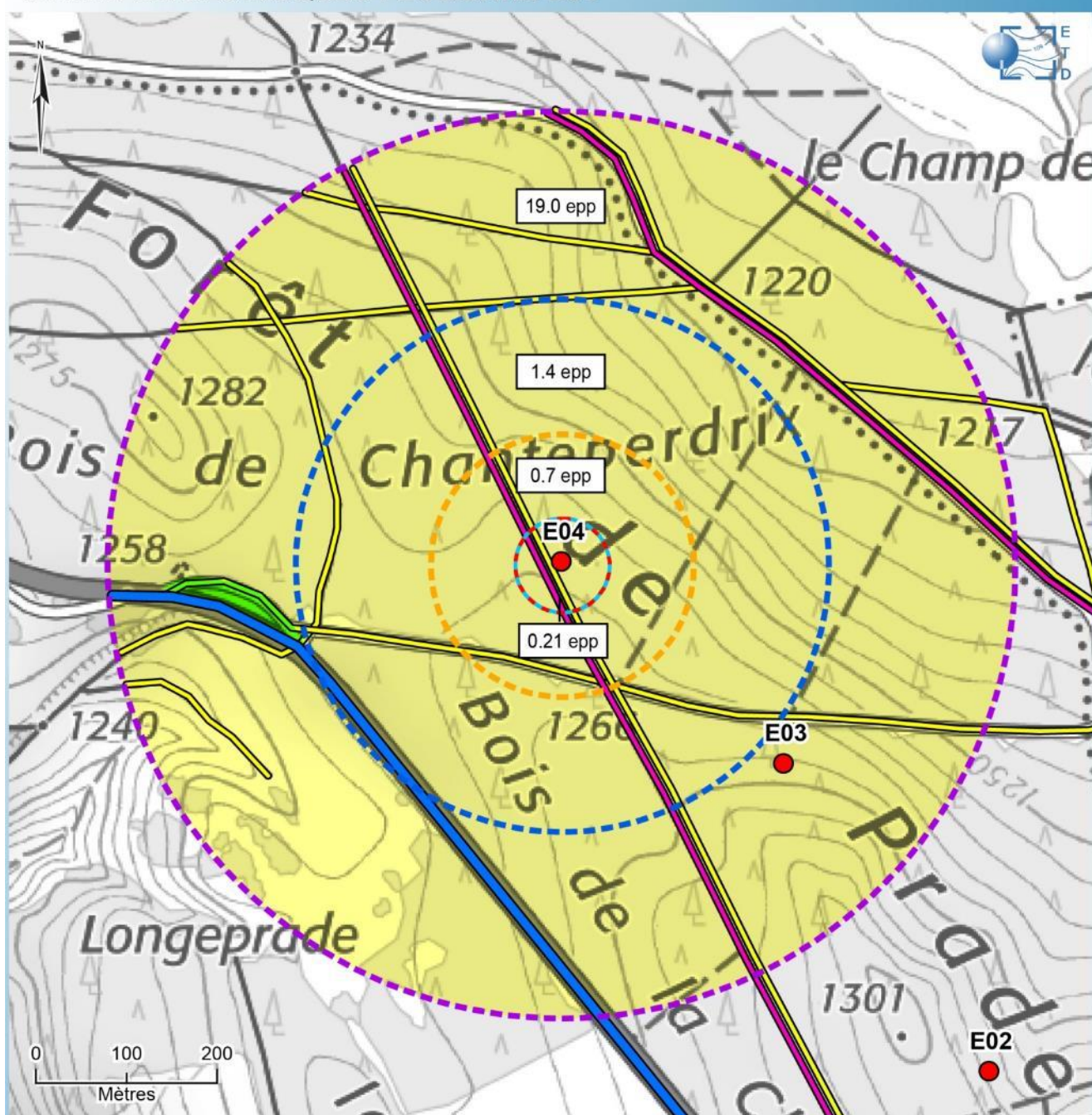
Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE	
Effondrement (145m)	Projection d'élément (500m)	Eoliennes du projet
Chute d'éléments (52m)	Projection de glace (294m)	Terrains agricoles et forestiers
	Chute de glace (52m)	Aire de pique-nique
		Voie de circulation structurante (N102)
		Voies à faible circulation
		Sentier de randonnée

epp : équivalent personnes permanentes

Sources : ETD, Scan25 @IGN, 2021.

Carte de synthèse des risques : éolienne E03

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E04



Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE	
Effondrement (145m)	Projection d'élément (500m)	Eoliennes du projet
Chute d'éléments (52m)	Projection de glace (294m)	Terrains agricoles et forestiers
	Chute de glace (52m)	Aire de pique-nique
		Voie de circulation structurante (N102)
		Voies à faible circulation
		Sentier de randonnée

epp : équivalent personnes permanentes

Sources : ETD, Scan25 @IGN, 2021.

Carte de synthèse des risques : éolienne E04