



Projet éolien "Haut Chemin 2" (Haute-Marne - 52)

Communes de Biesles et Bourdons-sur-Rognon
Juillet 2017, version complétée Mars 2018



DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

-Volume 3-
Etude de Dangers

AVANT PROPOS

RES SAS, société anonyme au capital de 10 816 792 € ayant son siège social au 330, rue du Mourelet, Z.I. de Courtine, 84000 Avignon, enregistrée au Registre du Commerce et des Sociétés d'Avignon sous le numéro 423 379 338 (ci-après dénommée « RES »), représentée par Monsieur Matthieu GUERARD, Directeur Général Délégué, a le plaisir de vous soumettre le dossier de demande d'autorisation environnementale relatif à la centrale éolienne **Haut Chemin 2** sur les communes de BIESLES et BOURDONS SUR ROGNON, (52 – Haute-Marne) qui se compose des pièces suivantes :

Volume 1 – Description de la demande et pièces administratives et réglementaires

Volume 2 – Étude d'Impact sur l'Environnement

Volume 3 – Etude de Dangers

Volume 4 – Expertises spécifiques

Volume 5 – Note de présentation non technique

Le présent volume 3/5 du dossier, constitue l'Étude de Dangers du projet éolien Haut Chemin 2.

SOMMAIRE

1	PREAMBULE.....	7
1.1	Objectifs de l'étude de dangers	7
1.2	Contexte législatif et réglementaire.....	8
1.3	Nomenclature des installations classées	9
2	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	10
2.1	Renseignements administratifs.....	10
2.2	Localisation du site	11
2.3	Définition de l'aire d'étude	15
3	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	19
3.1	Environnement naturel.....	19
3.1.1	Contexte climatique.....	19
3.1.2	Risques naturels	23
3.2	Environnement humain.....	33
3.2.1	Zones urbanisées.....	33
3.2.2	Établissements recevant du public (ERP).....	34
3.2.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).....	34
3.2.4	Tourisme et autres activités.....	34
3.3	Environnement matériel.....	37
3.3.1	Voies de communication	37
3.3.2	Réseaux publics et privés	38
3.3.3	Zones militaires	39
3.3.4	Autres ouvrages publics	39
3.4	Cartographie de synthèse.....	43
4	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	47
4.1	Caractéristiques de l'installation	47
4.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	47

4.1.2	Activité de l'installation	50
4.1.3	Composition de l'installation	50
4.2	Fonctionnement de l'Installation	57
4.2.1	Principe de fonctionnement des aérogénérateurs	57
4.2.2	Sécurité de l'installation.....	59
4.2.3	Opérations de maintenance de l'installation	59
4.2.4	Stockage et flux de produits dangereux.....	61
4.3	Fonctionnement des réseaux de l'installation	62
4.3.1	Raccordement électrique	62
4.3.2	Autres réseaux	63
5	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION ...	64
5.1	Potentils de dangers liés aux produits	64
5.2	Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	65
5.3	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	66
5.3.1	Principales actions préventives	66
5.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	67
6	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	68
6.1	Inventaire des incidents et accidents en France	68
6.2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	70
6.3	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	73
6.3.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	73
6.3.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	74
6.4	Limites d'utilisation de l'accidentologie	74
7	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	75
7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	75
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	75
7.3	Recensement des agressions externes potentielles	77

7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines.....	77
7.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	78
7.4	Analyse générique des risques liés aux agressions externes potentielles.....	79
7.5	Effets dominos.....	84
7.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	84
7.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques.....	91
8	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	93
8.1	Rappels des définitions.....	93
8.1.1	Cinétique.....	95
8.1.2	Intensité	95
8.1.3	Gravité	96
8.1.4	Probabilité.....	97
8.2	Caractérisation des scénarii retenus.....	99
8.2.1	Effondrement de l'éolienne.....	99
8.2.2	Chute de glace.....	104
8.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne	108
8.2.4	Projection de pâles ou de fragments de pales.....	111
8.2.5	Projection de glace.....	115
8.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	119
8.3.1	Tableaux de synthèse des scénarii étudiés	119
8.3.2	Synthèse de l'acceptation des risques	120
8.4	Cartographie des risques.....	121
9	CONCLUSION	149
10	ANNEXES	150

1 PREAMBULE

1.1 Objectifs de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objectif de démontrer, dans le cadre d'un projet de parc éolien, la maîtrise du risque par l'exploitant du parc.

S'agissant du parc éolien Haut Chemin 2, l'étude rendra compte de l'examen effectué par RES pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

L'étude de dangers est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc éolien Haut Chemin 2.

Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptées à la nature et à la complexité des installations et de leurs risques.

Ainsi, l'étude comporte une analyse des risques présentant les différents scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii 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 ainsi que de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Enfin, elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien Haut Chemin 2, qui réduisent le risque, à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes, à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

L'étude de dangers permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise afin de réduire les risques et d'optimiser la politique de prévention ;
- favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation ;

- informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

1.2 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarii d'accidents majeurs. Il 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 d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement :

- description de l'environnement et du voisinage,
- description des installations et de leur fonctionnement,
- identification et caractérisation des potentiels de dangers,
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers,
- réduction des potentiels de dangers,
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs),
- analyse préliminaire des risques,
- étude détaillée de réduction des risques,

- quantification et hiérarchisation des différents scénarii en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection,
- représentation cartographique,
- résumé non technique de l'étude de dangers.

De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003, précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

1.3 Nomenclature des installations classées

Conformément à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2011-984 du 23 août 2011, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement.
(2) Rayon d'affichage en kilomètres.

Le parc éolien Haut Chemin 2 comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (13 aérogénérateurs d'une hauteur de 180 m bout de pales maximum) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1 Renseignements administratifs

L'identité du porteur de projet et de l'exploitant de l'installation projetée est la même. Elle est précisée ci-après :

Dénomination	RES
Raison sociale	SAS
Numéro d'immatriculation au RCS	R.C.S. Avignon 423 379 338 N° gestion 2001 B 117
Représentant de la personne morale Qualité	M. MATTHIEU GUERARD Directeur Général Délégué
Adresse	ZI de Courtine 330 rue du Mourelet 84000 AVIGNON
Téléphone	04.32.76.03.00

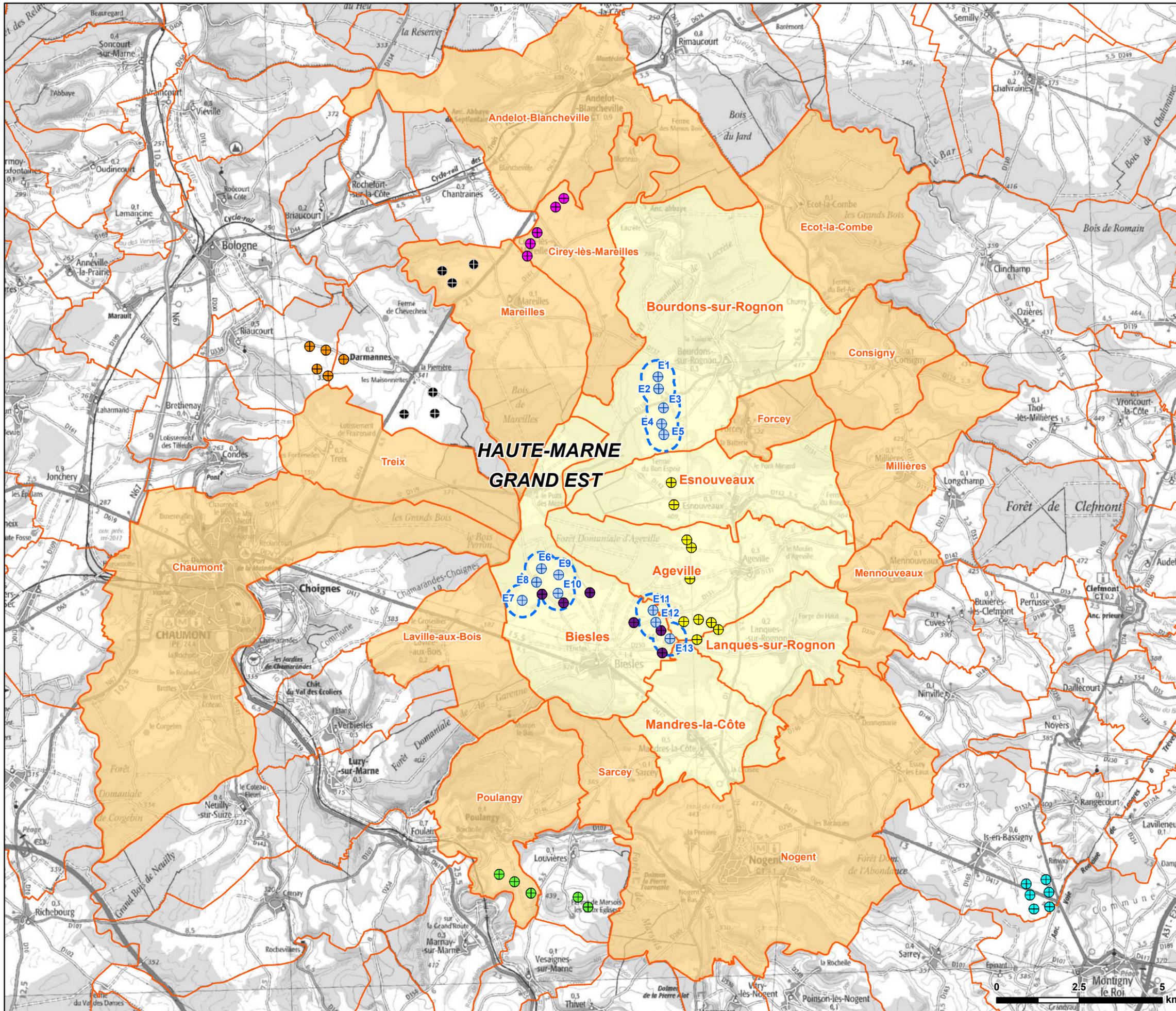
Les personnes ayant réalisé l'étude de dangers sont les suivantes :

Rédacteur	Thomas HERBINET, Ingénieur Projets, RES
Soutiens techniques à la rédaction	Anne-Charlotte RABAUD, Ingénieur Bureau d'Études, RES Coline GAZET, Ingénieur Projets - Ingénierie & Construction, RES André MOLEIRO, Chargé d'Affaire Urbanisme et Foncier, RES
Réalisation des éléments cartographiques	Simon HÉBERT, Géomaticien, RES

2.2 Localisation du site

Le parc éolien Haut Chemin 2 est composé de 13 aérogénérateurs et de 5 postes de livraison. Il est situé sur les communes de Biesles et Bourdons sur Rognon, dans le département de la Haute-Marne (52), en région Grand Est.

Une carte de localisation du site est présentée à la page suivante.



Projet

- ⊕ Eolienne
- ⊞ Périimètre de l'aire d'étude de danger

Données administratives

- ▭ Limite communale
- ▭ Commune concernée par l'aire d'étude de danger
- ▭ Commune limitrophe aux communes concernées par l'aire d'étude de danger

Parcs éoliens en service à proximité

- ⊕ Haut Chemin 1
- ⊕ Bassigny
- ⊕ Biesles
- ⊕ Vallée du Rognon

Projet éolien accordé à proximité

- ⊕ Dalhia

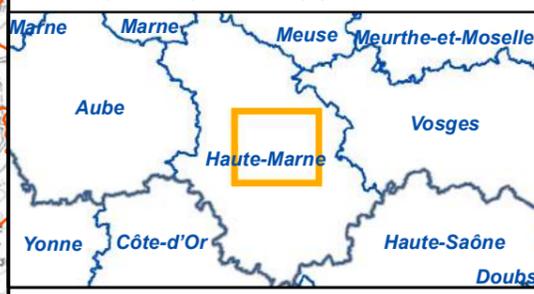
Projet éolien en instruction à proximité

- ⊕ Riaucourt et Darmannes

Projet éolien refusé (contentieux)

- ⊕ Poulangy-Louvières

Source : OpenStreetMap, DREAL Champagne-Ardenne 2016



Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Localisation générale du site

CARTE N°	03139D2810-02		
FORMAT	A3	ECHELLE	1:110 000
COORDS	L93	DATE	29/05/2017
SCAN100D - Copyright IGN	Reproduction interdite.		



2.3 Définition de l'aire d'étude

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

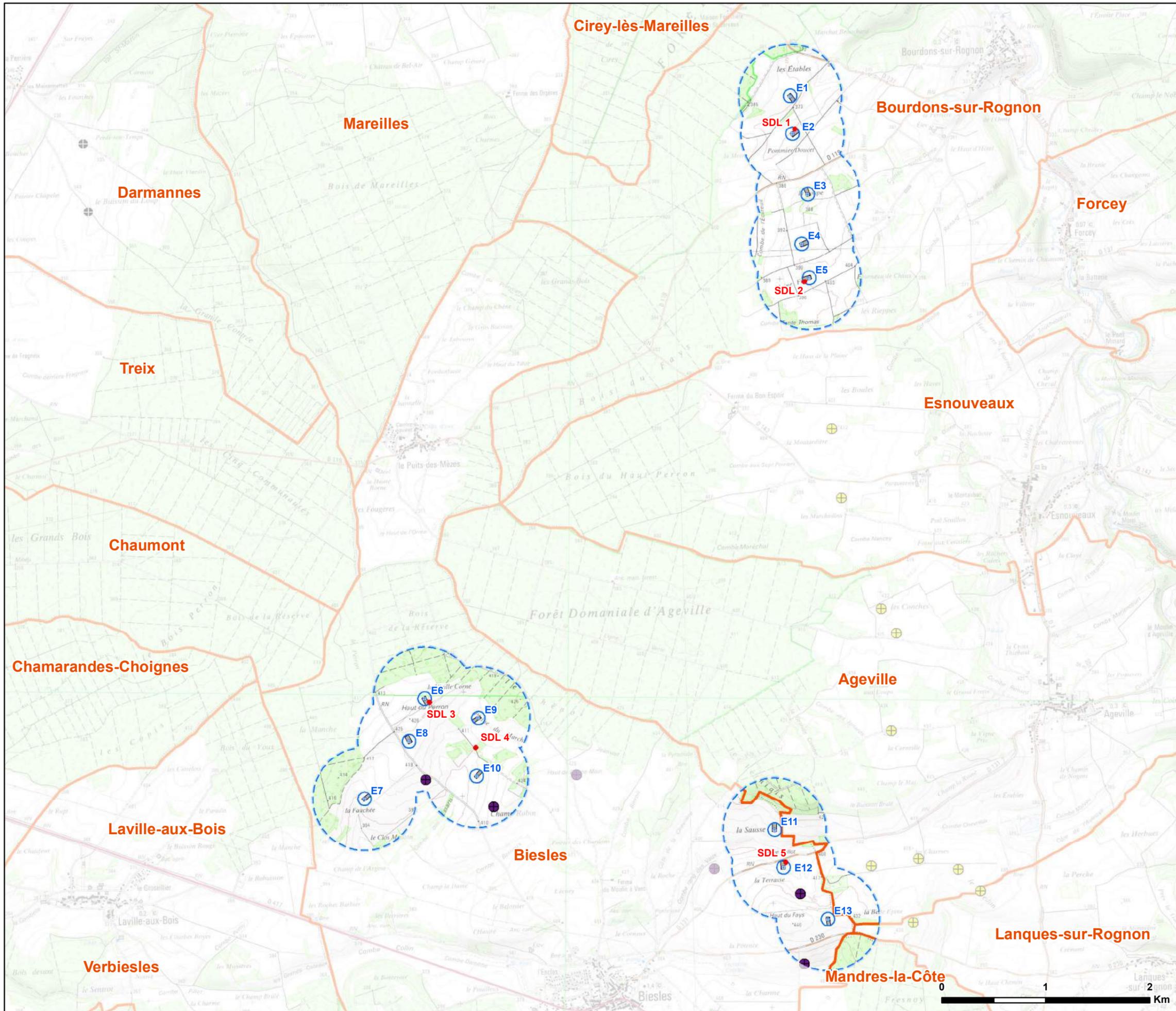
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4.

L'aire d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, qui sera 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 du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

L'aire d'étude globale des dangers regroupe le territoire de 5 communes :

- Ageville
- Biesles
- Bourdons-sur-Rognon
- Lanques-sur-Rognon
- Mandres-la-Côte

Une carte de situation de l'installation est présentée à la page suivante.



- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - ▭ Périmètre de l'aire d'étude de danger
- Parcs éoliens en service à proximité**
- ⊕ Haut Chemin 1
 - ⊖ Biesles
 - ⊕ Vallée du Rognon
- Données administratives**
- ▭ Limite communale

Source : OpenStreetMap

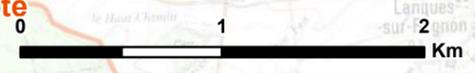


Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Définition de l'aire d'étude

CARTE N°	03139D2811-02
FORMAT	A3
ECHELLE	1:35 000
COORDS	L93
DATE	29/05/2017

SCAN250 - Copyright IGN
Reproduction interdite.



Précipitations

La hauteur totale moyenne de précipitations est assez élevée : 843,7 mm par an.

Comme le montre la figure suivante, les précipitations sont régulières au cours de l'année avec un pic en décembre. De février à avril les précipitations sont moins abondantes.

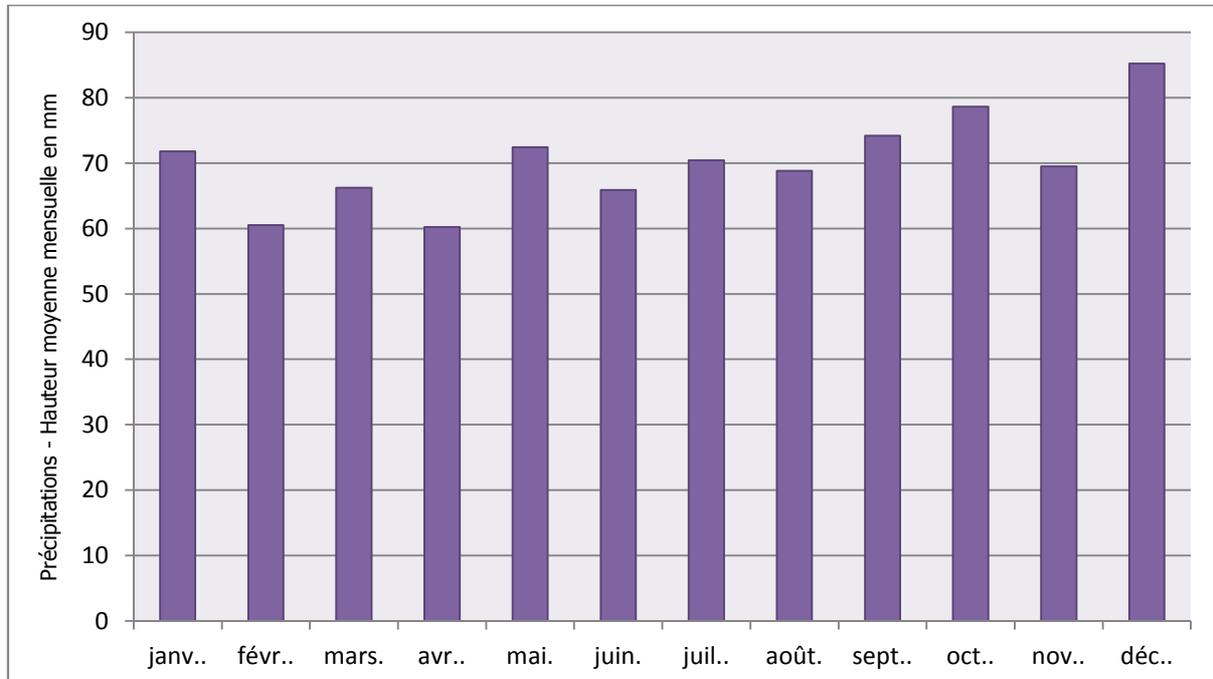


Figure 2 : Les zones climatiques en France et la localisation de l'aire d'étude du projet de Haut Chemin 2
(Source : Météo-France – Saint-Dizier)

Températures et ensoleillement

La température moyenne annuelle est de 11,2°C. Les mois de juillet et d'août avec en moyenne 19-20°C sont les mois au cours desquels les températures sont les plus élevées tandis que le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 3,2°C.

De temps en temps des températures extrêmes sont relevées avec pour records 40,4°C de température maximale en 2003 et -22,5°C de température minimale en 1956.

Par ailleurs, Météo France a comptabilisé 60 jours de gel en moyenne au niveau de la station de Saint-Dizier.

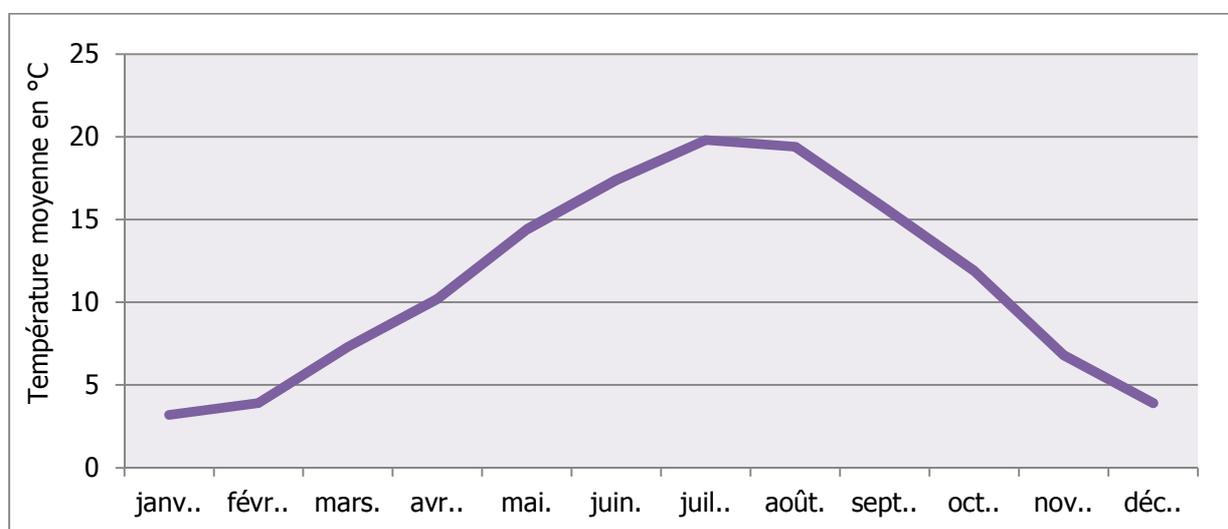


Figure 3 : Normales mensuelles des températures minimales et maximales à Saint-Dizier (Source: Météo France)

Les vents

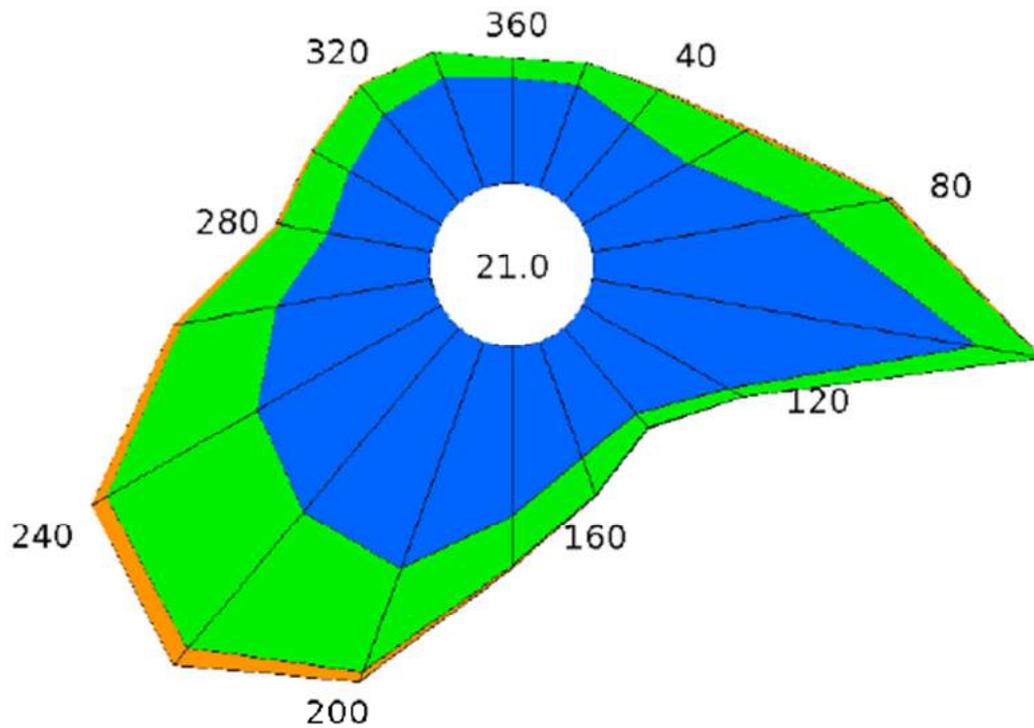
La rose des vents indique la fréquence relative (%) des directions du vent par classe de vitesse. Les directions sont exprimées en rose de 360° (360° = Nord ; 90° = Est ; 180° = Sud ; 270° = Ouest).

La vitesse moyenne du vent est de 3,2 m/s à 10 m d'altitude. Nous dénombrons seulement 0,5 jour en moyenne par an avec des rafales supérieures à 28 m/s (100 km/h). La vitesse maximale a été enregistrée en 1999 avec 44 m/s (158,4 km/h). Comme le montre le tableau ci-dessous, les vitesses moyennes du vent sont assez homogènes selon les saisons, avec des vitesses relativement plus faibles en été.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse moyenne A 10 m d'altitude	3,7	3,7	3,6	3,4	3,1	2,9	2,8	2,6	2,8	3,1	3,2	3,5

Figure 4 : Vitesse moyenne des vents en m/s (Source : Météo-France – Saint-Dizier)

En ce qui concerne la direction des vents, le secteur sud-ouest (direction 220) est le plus important.



Groupes de vitesses (m/s)



Figure 5 : Rose des vents Station de Saint-Dizier (1991-2010)

3.1.2 Risques naturels

Les communes situées sur les aires d'étude rapprochées ont été peu soumises aux risques naturels. Le principal événement ayant été à l'origine d'un arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle sur l'ensemble des communes concerne les tempêtes Lothar et Martin de 1999, à l'origine d'inondations et coulées de boue. Les catastrophes naturelles des communes situées sur les aires d'étude rapprochées sont répertoriées ci-dessous.

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du	Commune
Inondations et coulées de boue	08/04/1983	11/04/1983	16/05/1983	18/05/1983	Laville-aux-Bois
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	Biesles, Laville-aux-Bois, Ageville, Lanques-sur-Rognon, Mandres-la-Côte, Bourdons-sur-Rognon, Esnouveaux.
Inondations et coulées de boue	06/07/2001	06/07/2001	06/08/2001	11/08/2001	Laville-aux-Bois, Mandres-la-Côte
Inondations et coulées de boue	29/12/2001	30/12/2001	26/04/2002	05/05/2002	Biesles

Tableau 1: Listes des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle (Source : Prim.net)

Les enjeux principaux sur les aires d'étude rapprochées sont donc des risques de coulées de boue ou de mouvement de terrain.

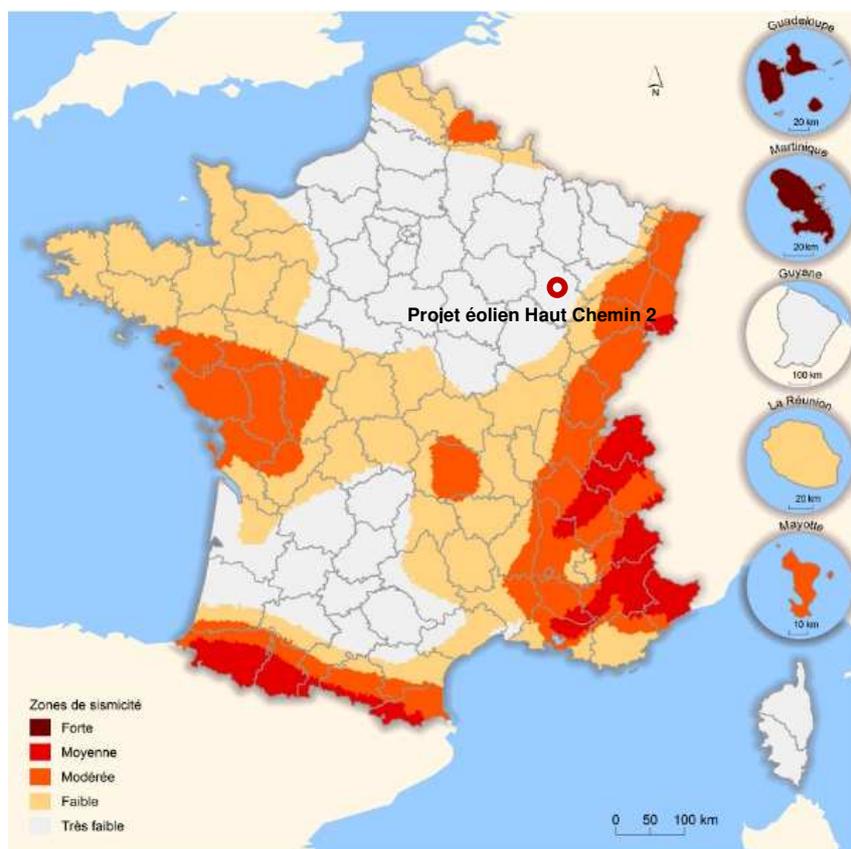
Sismicité

Concernant le risque de séisme, le décret du 22 octobre 2010 a introduit le nouveau zonage sismique de la France.

L'article R.563-4 du code de l'environnement est donc modifié et stipule désormais que pour l'application des mesures de prévention du risque sismique aux bâtiments, équipements et installations de la classe dite « à risque normal », le territoire est divisé en cinq zones de sismicité croissante :

- Sismicité 1 (très faible) ;
- Sismicité 2 (faible) ;
- Sismicité 3 (modérée) ;
- Sismicité 4 (moyenne) ;
- Sismicité 5 (forte) ;

Selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, les communes de l'aire d'étude de dangers, comme une majorité du département de la Haute-Marne, sont classées en zone de sismicité très faible.



Source : Medde, 2011. Traitements : SOeS, 2013.

Figure 6 : Zonage sismique de la France (Source : BRGM)

Le projet n'est donc pas de nature à engendrer des effets potentiels sur le risque sismique (effet nul) et l'absence d'enjeu humain (habitat) à proximité permet de ne pas envisager non plus d'éventuel risque indirect sur les personnes et les biens en cas d'évènement sismique, aussi, aucune sensibilité n'est retenue ici.

Foudre

L'activité orageuse peut être définie selon différents paramètres. Face aux pratiques hétérogènes dans le monde, la commission électrotechnique internationale (IEC) a jugé utile d'établir une norme, publiée en 2015, en vue d'harmoniser celles-ci.

La IEC 62858, déclinée en NF EN 62858 en 2016, vise à établir des règles communes et à déterminer des méthodes fiables pour l'établissement de statistiques de foudroiement.

Le Nsg est ainsi devenu la valeur de référence. Cette entité reproduit le plus fidèlement possible la réalité en termes de foudroiement au sol et est le résultat de travaux et d'évolutions technologiques récentes.

Le département de la Haute-Marne possède une densité de foudroiement relativement moyen avec $N_{sg}=1,0651$ impacts/an/km².

La consultation de la base de données Foudre de METEORAGE permet toutefois de préciser ces données sur le secteur réellement concerné par le projet.

Ainsi, sur les communes de Biesles et Bourdons sur Rognon, majoritaire de l'aire d'étude, le nombre d'impacts de foudre au sol par km² et par an est respectivement de 1,43 et de 1,05 relativement proche de la moyenne nationale de 1,12. **Le risque orageux dans le secteur du projet, peut donc être considéré comme relativement moyen.**

Tempêtes

On parle de tempête lorsque les vents dépassent 89 km/h. L'essentiel des tempêtes touchant la France se forme sur l'océan Atlantique, au cours des mois d'automne et d'hiver, progressant à une vitesse moyenne de l'ordre de 50 km/h et pouvant concerner une largeur atteignant 2000 km.

L'aléa tempête n'est pas un aléa fréquent en Haute-Marne du fait de son éloignement de la façade atlantique. Le Haute-Marne est toutefois susceptible d'être touchée comme l'ensemble de la France métropolitaine et plus généralement une large partie de l'Europe. En effet les tempêtes Lothar et Martin survenues en décembre 1999 ont montré que l'ensemble du territoire est exposé, et pas uniquement sa façade atlantique et les côtes de la Manche, fréquemment touchées. Bien que sensiblement moins dévastatrices que les phénomènes des zones intertropicales, les tempêtes des régions tempérées peuvent être à l'origine de pertes importantes en biens et en vies humaines.

Les dispositions de gestion de crise face à un événement météorologique dangereux sont prises par les autorités en charge de la sécurité civile. Ainsi, des mesures ont été mises en place afin d'alerter la population sur les risques de tempêtes par l'utilisation de pictogramme de couleur notamment.

L'enjeu tempête ne peut être exclu, l'éloignement des communes d'Ageville, de Biesles, de Bourdons-sur-Rognon, d'Esnouveaux, de Lanques-sur-Rognon et de Mandres-la-Côte de la façade atlantique, la mise en place de mesures nationales pour la prévention du risque ainsi que l'éloignement des éoliennes des secteurs habités en font un enjeu modéré.

D'après la base de données <http://macommune.prim.net>, le risque « Tempêtes » ne constitue pas un risque majeur sur les communes concernées par l'aire d'étude.

Par ailleurs, la conception générale de la structure des éoliennes fait l'objet de règles techniques strictes qui leur permettent de supporter des vents pouvant atteindre les 250 km/h. Notamment, quand la vitesse du vent est trop importante (tempête), c'est-à-dire supérieure à 90 km/h (25 m/s), les éoliennes sont automatiquement mise en arrêt de sécurité.

Incendies

D'après l'étude du commissariat général du développement durable « le risque de feux de forêts en France » de 2011, on note que la région Champagne-Ardenne dispose de 1% de ses communes classées à risque feux de forêts (soit 16 communes), soit une faible proportion. Les communes des aires d'étude rapprochées ne sont pas concernées par ce risque.

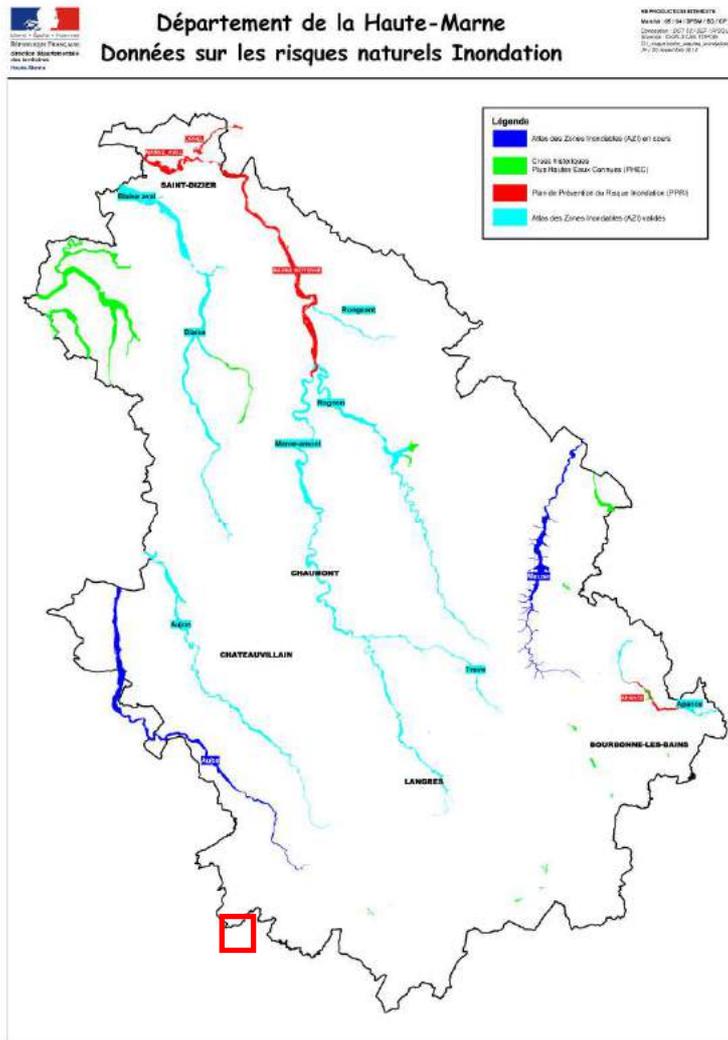
En effet, l'aire d'étude des dangers étant essentiellement composées de champs agricoles, le risque est très faible.

Un projet éolien est une installation électrique dans laquelle le risque incendie reste potentiellement présent, toutefois très restreint (risque faible) par les obligations réglementaires (normes strictes, ICPE, débroussaillage légal) et l'implantation des aérogénérateurs dans des parcelles agricoles. **La sensibilité est donc jugée très faible** mais n'exclut en rien les nécessaires mesures préventives pour prévenir au maximum tout risque d'incendie ou permettre, le cas échéant, l'intervention rapide des secours.

Inondations – remontées de nappes

Selon le site infoterre, l'aire d'étude des dangers est majoritairement concernée par un risque inondation-remontées de nappes très faible à inexistant. Toutefois, très localement en certains points de la zone, un risque de nappes affleurante est présent.

D'après l'Atlas des zones inondables de la Haute-Marne, les cours d'eau les plus proches de l'aire d'étude sont la Marne et le Rognon. A l'échelle de l'aire d'étude des dangers, le risque d'inondation par les eaux superficielles ne constitue pas un enjeu particulier.



Atlas des zones inondables en Haute-Marne (source : DDT 52)

Par ailleurs, une étude diligentée auprès d'un hydrogéologue agréé (ANTEA – voir volume 4) a permis de démontrer la compatibilité de l'implantation du parc éolien avec les enjeux hydrologiques du site.

Mouvements de terrain – retrait-gonflement des argiles – cavités

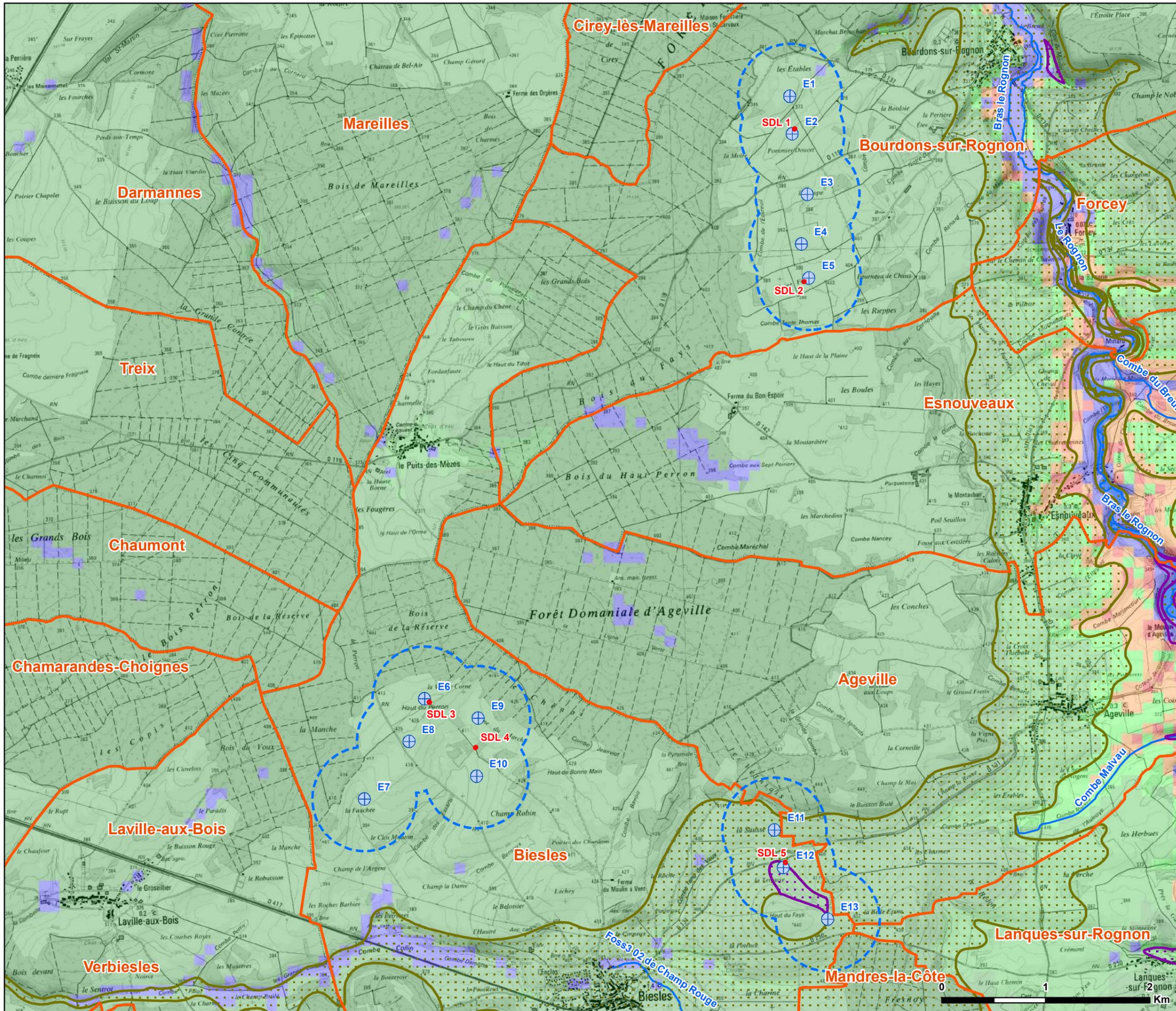
D'après la base de données infoterre du BRGM (<http://www.infoterre.brgm.fr>) l'aire d'étude des dangers n'est concernée par aucun risque Mouvements de Terrain.

D'après la base de données Géorisques (<http://www.georisques.gouv.fr>) l'aire d'étude des dangers est concernée par un aléa retrait-gonflement des argiles majoritairement nul, parfois faible et très localement moyen.

D'après la base de données Géorisques (<http://www.georisques.gouv.fr>) l'aire d'étude des dangers n'est concernée par aucune cavité.

La consultation des différentes bases de données permet de retenir un enjeu mouvement de terrain faible.

L'étude géotechnique détaillée qui sera réalisée préalablement à la construction du parc permettra de définir les préconisations nécessaires à l'élimination des risques résiduels.



Projet

- ⊕ Eolienne
- Structure de livraison (SDL)
- ⬡ Périmètre de l'aire d'étude de danger

Risques naturels

Aléa remontée de nappes

- Sensibilité très élevée, nappe affleurante
- Sensibilité forte
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité faible
- Sensibilité très faible
- Sensibilité très faible à inexistante

Aléa retrait-gonflement des argiles

- Faible
- Moyen

Hydrographie

- ~ Cours d'eau
- Zone inondable

Données administratives

- Limite communale

Source : DDE Haute-Marne, OpenStreetMap, BRGM, BD CARTHAGE



Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Risques naturels

CARTE N°	03139D2816-01
FORMAT	A3
ECHELLE	1:35 000
COORDS	L93
DATE	29/05/2017



3.2 Environnement humain

3.2.1 Zones urbanisées

L'étude de dangers s'intéresse aux populations situées dans la zone sur laquelle porte l'étude, et à proximité.

Le périmètre d'étude regroupe les communes d'Ageville, Biesles, Bourdons sur Rognon, Lanques sur Rognon et Mandres la Côte :

- La commune d'Ageville comptait 307 habitants lors du recensement de la population réalisé par l'INSEE en 2014, soit une densité de 16 hab/km².
- La commune de Biesles comptait 1 375 habitants lors du recensement de la population réalisé par l'INSEE en 2014, soit une densité de 58 hab/km².
- La commune de Bourdons sur Rognon comptait 268 habitants lors du recensement de la population réalisé par l'INSEE en 2014, soit une densité de 6,8 hab/km².
- La commune de Lanques sur Rognon comptait 198 habitants lors du recensement de la population réalisé par l'INSEE en 2014, soit une densité de 15 hab/km².
- La commune de Mandres la Côte comptait 521 habitants lors du recensement de la population réalisé par l'INSEE en 2014, soit une densité de 46 hab/km².

Ces 5 communes présentent la même configuration d'aménagement des habitats, à savoir qu'elle concentrent la majeure partie de l'habitat dans le bourg à l'exception de la commune de Biesles pour laquelle le hameau du Puits des Mèzes accueille également une partie significatives des habitats.

La loi du 12 juillet 2010², dite loi « Grenelle II », complétée par l'arrêté du 26 août 2011, impose aux parcs éoliens un éloignement minimal de 500m de toute habitation ou zone destinée à l'habitat.

S'agissant du projet éolien Haut Chemin 2, l'éolienne la plus proche d'une habitation (E1) en est éloignée de 980 m. Le périmètre de l'étude de dangers n'est par ailleurs concerné par aucun bureau ni bâtiment agricole.

² Loi n°2010-788 portant engagement national pour l'environnement

Le tableau ci-après présente les distances minimales entre les éoliennes du projet Haut Chemin 2 et différentes catégories d'environnements humains.

Type environnement humain	Nom du lieu habité et distance à l'éolienne la plus proche	Nb habitants / Caractéristiques
Habitation isolée la plus proche	Saint-Cervaux 980 mètres de l'éolienne E1	Ancienne maison forestière reconvertie en logement.
Exploitation agricole isolée non habitée comprenant des bureaux	La Perrière 1300 mètres de l'éolienne E2	Elevage de porcs
Exploitation agricole isolée habitée	Ferme du Bon Espoir 1380 m de l'éolienne E5	
Zone urbanisable la plus proche	Biesles 1410 mètres de l'éolienne E12	Zone définie comme à urbaniser dans le PLU de la commune de Biesles mais non urbanisée à ce jour.

*Tableau 2 - Synthèse des distances aux habitations et zones urbanisées (*données INSEE 2012)*

3.2.2 Établissements recevant du public (ERP)

Dans les limites de l'aire d'étude des dangers, il n'y a pas d'ERP.

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

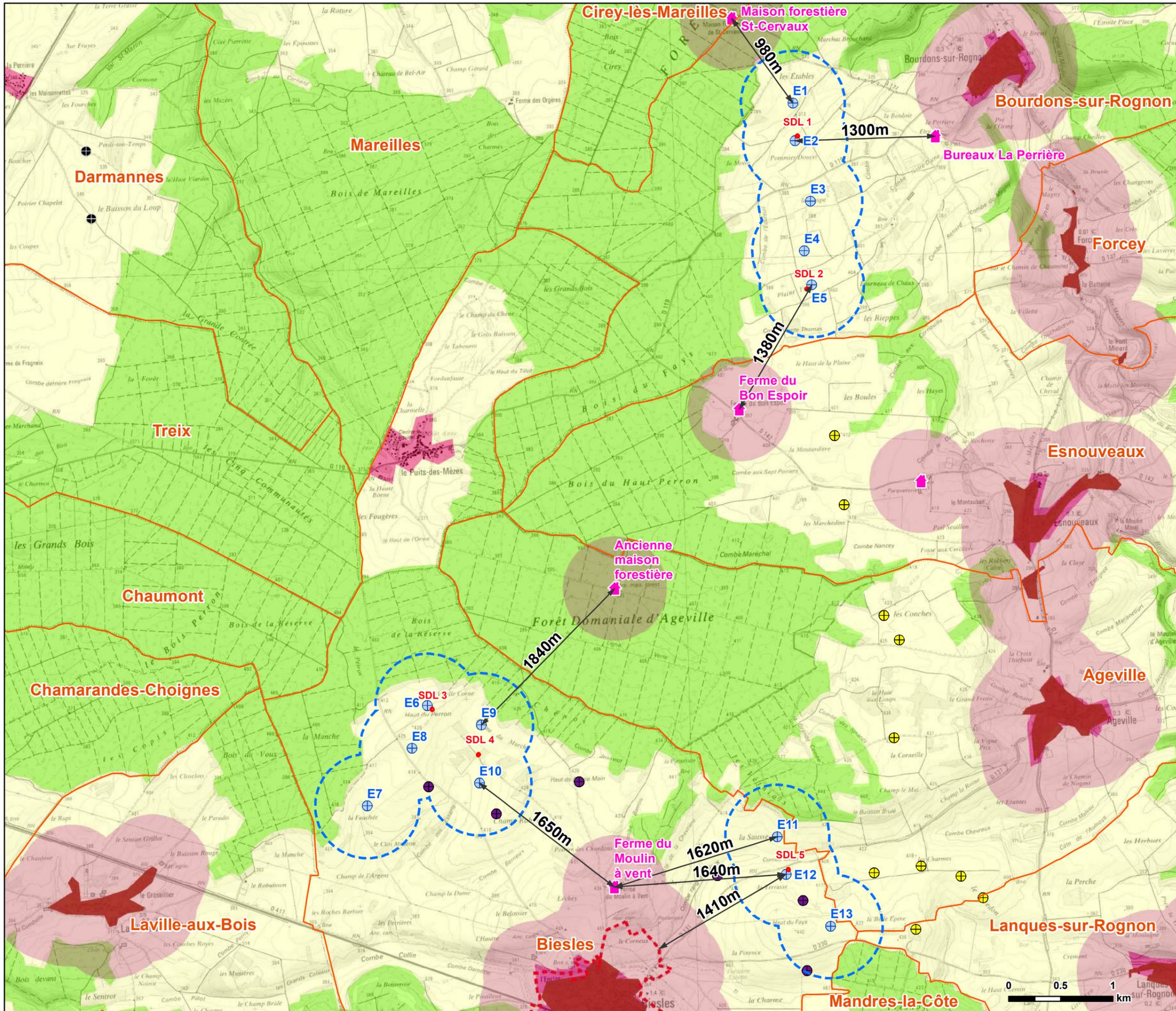
Il n'existe pas d'établissement SEVESO, ni aucun établissement classé au titre des ICPE dans les limites de l'aire d'étude de dangers en dehors des autres éoliennes existantes.

3.2.4 Tourisme et autres activités

Les communes concernées par le périmètre de l'étude de dangers, malgré leur dominance rurale, se trouvent entre 2 grands pôles urbains que sont Chaumont et Nogent.

Le principal pôle touristique identifié à proximité de l'aire d'étude de danger est lié à l'activité historique de Coutellerie à Nogent et ses alentours. L'autre lieu d'intérêt touristique proche est l'Abbaye de la Crête au nord de la commune de Bourdons sur Rognon.

Le périmètre de l'étude de dangers n'est concerné par aucune habitation, bureaux ou bâtiments agricoles. La zone est essentiellement dominée par l'activité agricole impliquant une faible présence humaine dans les champs.



Projet

- Eolienne
- Structure de livraison (SDL)
- Périmètre de l'aire d'étude de danger

Parcs éoliens en service à proximité

- Haut Chemin 1
- Biesles
- Vallée du Rognon

Environnement humain

- Habitation ou bureau proche du projet
- Hameau proche du projet
- Zone tampon de 500m autour des zones urbanisables et des habitations proches du projet
- Zone urbanisable
- Distance aux hameaux, habitations et bureaux proches du projet

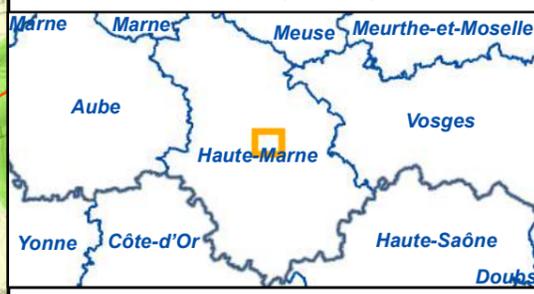
Données administratives

- Limite communale

Occupation sol

- Forêts et milieux semi-naturels
- Territoires agricoles
- Territoires artificialisés

Sources : Corine Land Cover 2012, OpenStreetMap



Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Environnement humain

CARTE N° 03139D2812-02

FORMAT A3 ECHELLE 1:35 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN250 - Copyright IGN
Reproduction interdite.

RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
ZI DE COURTLET
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01

3.3 Environnement matériel

3.3.1 Voies de communication

Transport routier

L'aire d'étude de dangers est traversée par 5 réseaux routiers :

- **la D137** située à 420 m au Nord de l'éolienne E1 ;
- **la D119** située à 165 m au Nord de l'éolienne E3 ;
- **la voie communale** de Biesles au Puits des Mèzes située à 75 m au Sud-Ouest de l'éolienne E8 ;
- **la D131** située à 75 m au Nord de l'éolienne E12 ;
- **la D 230** située à 170 m au Sud de l'éolienne E13

La D 417 traverse la commune de Biesles d'Est en ouest. Cette route est classée à grande circulation. L'éolienne la plus proche est située à 1 290 m de celle-ci.

On trouve également quelques voies communales et chemins ruraux servant à l'exploitation agricole. Seuls les éoliennes E1, E4, E5 et E10 survoleront partiellement ces voies, ces dernières n'étant empruntées que dans le cadre de l'accès aux parcelles agricoles environnantes.

Transport ferroviaire

L'aire d'étude ne comporte pas de voie ferrée.

Transport fluvial

Aucune voie navigable ne traverse l'aire d'étude.

Transport aérien

Le périmètre d'étude n'est concerné par aucune contrainte liée à la circulation aérienne civile.

Aucun aéroport n'est présent au sein du périmètre d'étude.

Les services de la DGAC ont émis un avis favorable au projet.

Transport d'électricité

L'aire d'étude n'est pas traversée par des lignes aériennes HTA de transport d'électricité. La ligne électrique la plus proche se situe à 785 m au Sud de l'éolienne E7.

3.3.2 Réseaux publics et privés

Canalisation de transport

L'aire d'étude n'est pas concernée par les éléments suivants :

- Réseau de canalisation de matières dangereuses (Gaz, produits chimiques)
- Canalisation de transport

Une canalisation de gaz traverse la commune de Biesles, mais celle-ci est située à 620 m de l'éolienne E7, la plus proche.

Réseau d'assainissement

L'aire d'étude n'est pas concernée par un réseau d'assainissement.

Réseau d'alimentation en eau potable (AEP)

L'aire d'étude de danger du projet de parc éolien couvre en partie le périmètre de protection du captage AEP de Biesles. Comme précisé dans l'étude hydrogéologique réalisée par ANTEA (disponible dans le volume des expertises spécifiques), hormis au droit des périmètres de protection rapprochés où l'installation d'éoliennes est interdites, **le projet éolien sera compatible avec les enjeux** présentés par les eaux souterraines et la présence de périmètres de protection éloignés des captages.

3.3.3 Zones militaires

Réseau Très Basse Altitude (RTBA)

Une petite partie de l'aire d'étude au Nord est située sous la zone latérale du RTBA R69. Dans cette zone, les éoliennes sont limitées en hauteur à 150 m.

L'éolienne E1 la plus proche de ce RTBA est située à 120 m au Sud de cette zone latérale et respecte donc la réglementation applicable.

Secteurs de vols tactiques (VOLTAC)

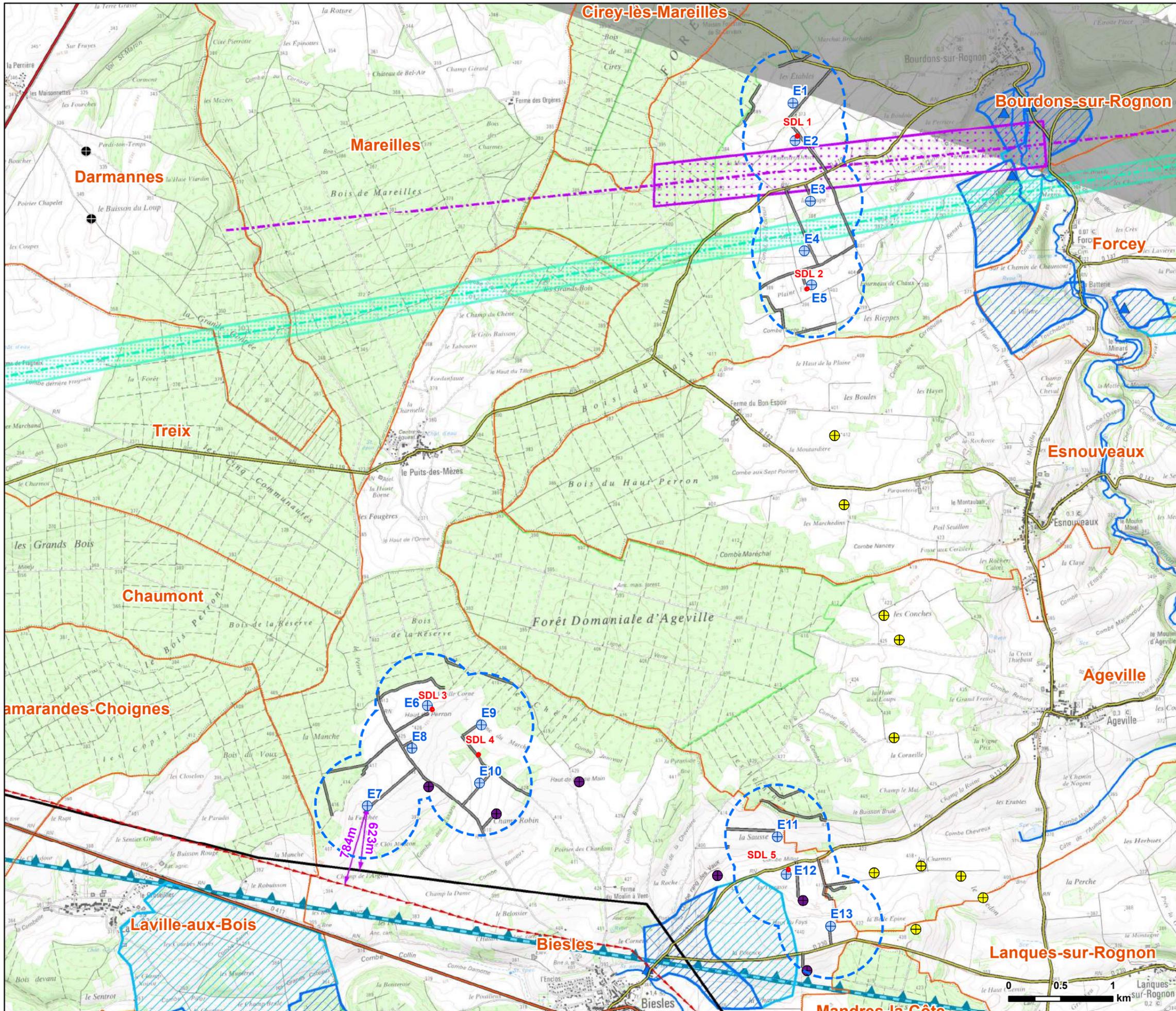
L'aire d'étude de danger est intégralement située à l'intérieur de la zone VOLTAC 4. La limite sud de la zone VOLTAC passant au sud de l'éolienne E13.

Ces zones ne sont pas opposables aux utilisateurs de l'espace aérien, qui peuvent donc y pénétrer librement. Les aéronefs militaires doivent donc appliquer le principe « voir et éviter ». Contrairement aux couloirs d'entraînement « RTBA » (Réseau Très Basse Altitude), ils ne sont pas protégés par décret.

Le projet éolien ne présente donc pas de danger à ce titre.

3.3.4 Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public (exemple : barrages, digues, château d'eau, bassins de rétention...) n'est présent sur l'aire d'étude.



- Projet**
- Eolienne
 - Structure de livraison (SDL)
 - Périmètre de l'aire d'étude de danger
- Parcs éoliens en service à proximité**
- Haut Chemin 1
 - Biesles
 - Vallée du Rognon
- Infrastructures**
- Route nationale structurante (>2000 véhicules/jour)
 - Route départementale structurante (>2000 véhicules/jour)
 - Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
 - Ligne électrique
 - Gazoduc
 - Distance aux gazoducs et lignes électriques
 - Cours d'eau

- Servitudes aéronautiques**
- RTBA LFR69
 - Zone latérale : tronçon RTBA LFR 69
 - VOLTAC
- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE) - PT2LH
 - Zone de protection au faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE)
 - Faisceau hertzien Orange/France Télécom
 - Distance de 100m au faisceau hertzien Orange/France Télécom
 - Captage AEP
 - Périmètre de protection rapprochée au captage AEP
 - Périmètre de protection éloignée au captage AEP

Données administratives

- Limite communale

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Environnement matériel

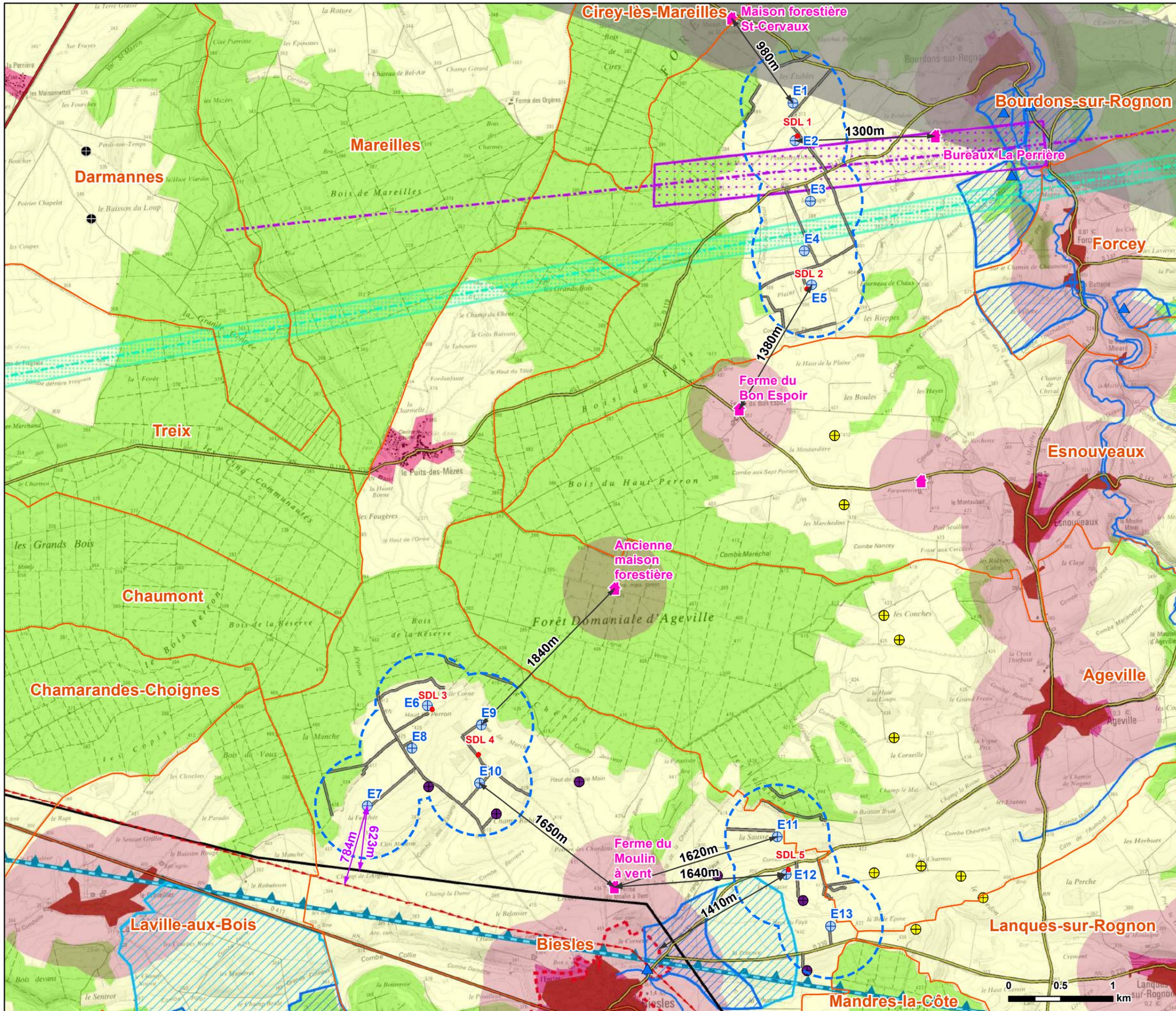
CARTE N°	03139D2813-01		
FORMAT	A3	ECHELLE	1:35 000
COORDS	L93	DATE	29/05/2017

SCAN25© - Copyright IGN
Reproduction interdite.

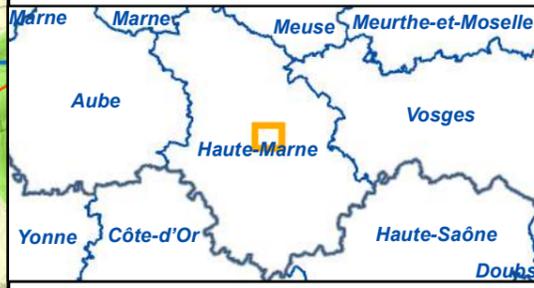
RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
ZI DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01

3.4 Cartographie de synthèse

En conclusion de ce chapitre de l'étude de dangers, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux humains et matériels à protéger dans l'aire d'étude.



- Projet**
- Eolienne
 - Structure de livraison (SDL)
 - Périmètre de l'aire d'étude de danger
- Parcs éoliens en service à proximité**
- Haut Chemin 1
 - Biesles
 - Vallée du Rognon
- Environnement humain**
- Habitation ou bureau proche du projet
 - Hameau proche du projet
 - Zone tampon de 500m autour des zones urbanisables et des habitations proches du projet
 - Zone urbanisable
 - Distance aux hameaux, habitations et bureaux proches du projet
- Données administratives**
- Limite communale
- Occupation sol**
- Forêts et milieux semi-naturels
 - Territoires agricoles
 - Territoires artificialisés
- Infrastructures**
- Route nationale structurante (>2000 véhicules/jour)
 - Route départementale structurante (>2000 véhicules/jour)
 - Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurante dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
 - Ligne électrique
 - Gazoduc
 - Distance aux gazoducs et lignes électriques
 - Cours d'eau
- Servitudes aéronautiques**
- RTBA LFR69
 - Zone latérale : tronçon RTBA LFR 69
 - VOLTAC
- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE) - PT2LH
 - Zone de protection au faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE)
 - Faisceau hertzien Orange/France Télécom
 - Distance de 100m au faisceau hertzien Orange/France Télécom
 - Captage AEP
 - Périmètre de protection rapprochée au captage AEP
 - Périmètre de protection éloignée au captage AEP
- VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.
AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.
- Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN250 IGN, Corine Land Cover 2012, Direction Générale des Finances Publiques



Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Synthèse des environnements humain et matériel autour de l'aire d'étude

CARTE N°	03139D2817-01
FORMAT	A3
ECHELLE	1:35 000
COORDS	L93
DATE	29/05/2017

SCAN250 - Copyright IGN
Reproduction interdite.

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 dangers qu'elle représente (*chapitre 6*), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

4.1 Caractéristiques de l'installation

4.1.1 *Caractéristiques générales d'un parc éolien*

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 (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.1.3) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage »
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public)
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité)
- Un réseau de chemins d'accès
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesures de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

Selon la réglementation, une installation soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées correspond à un parc éolien exploité par un seul et même exploitant. Dans un souci de simplification, nous emploierons indifféremment les termes « parc éolien » ou « installation ».

Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que le cas échéant, un transformateur.

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 de 15 à 20 anneaux de béton, surmonté 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,
 - ☞ le transformateur, si celui-ci n'est pas situé dans le mât.

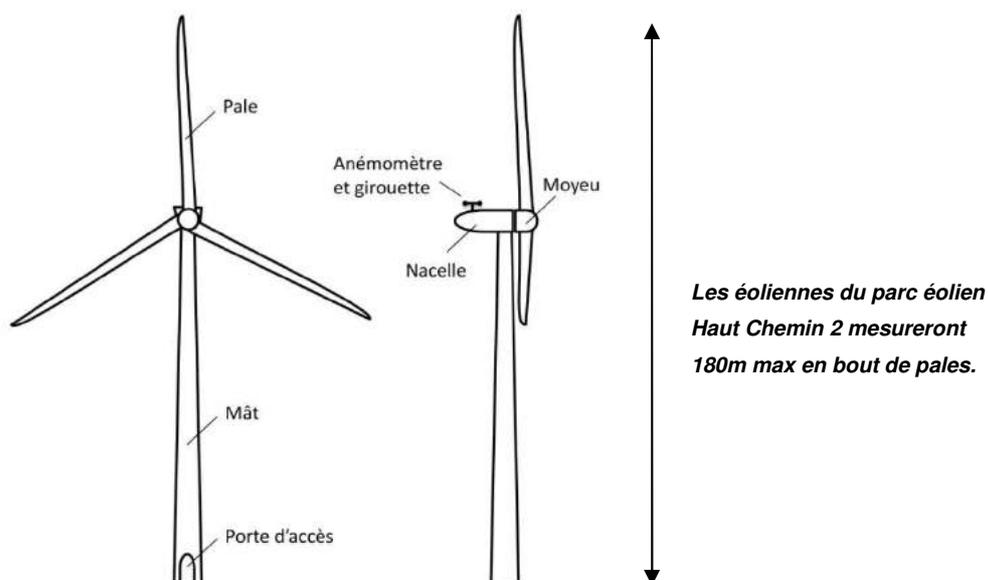


Figure 7 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation des parcs éoliens.

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de remblais. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et

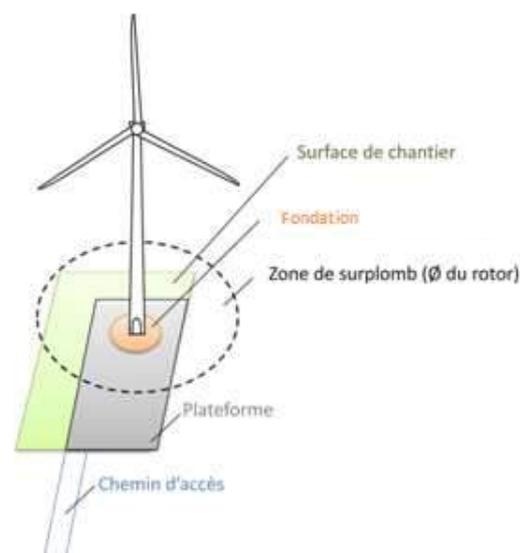


Figure 8 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

de la configuration du site d'implantation.

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 construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc:

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les Chemins ruraux ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés.

Durant les phases de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et leurs annexes.

Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale).

Autres Installations

Aucun parking, aire d'accueil, parcours pédagogique ou autre installation n'est actuellement envisagé au sein de l'aire d'étude retenue.

4.1.2 *Activité de l'installation*

L'activité principale du parc éolien Haut Chemin 2 est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + pale) de 180 m maximum. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.1.3 *Composition de l'installation*

Le parc éolien Haut Chemin 2 est composé de **13 aérogénérateurs** et de **5 structures de livraison**. Le choix précis de la machine retenue se fera sur la base d'un appel d'offre auprès des constructeurs d'éoliennes après obtention des demandes d'autorisations.

La présente étude est réalisée sur la base des valeurs les plus pénalisantes à partir des dimensions suivantes.

DIMENSIONS GÉNÉRALES DU PROJET	
Hauteur de mât	Entre 115 et 125 m
Diamètre du rotor	Entre 110 et 130 m
Longueur de pale	Entre 55 et 65 m

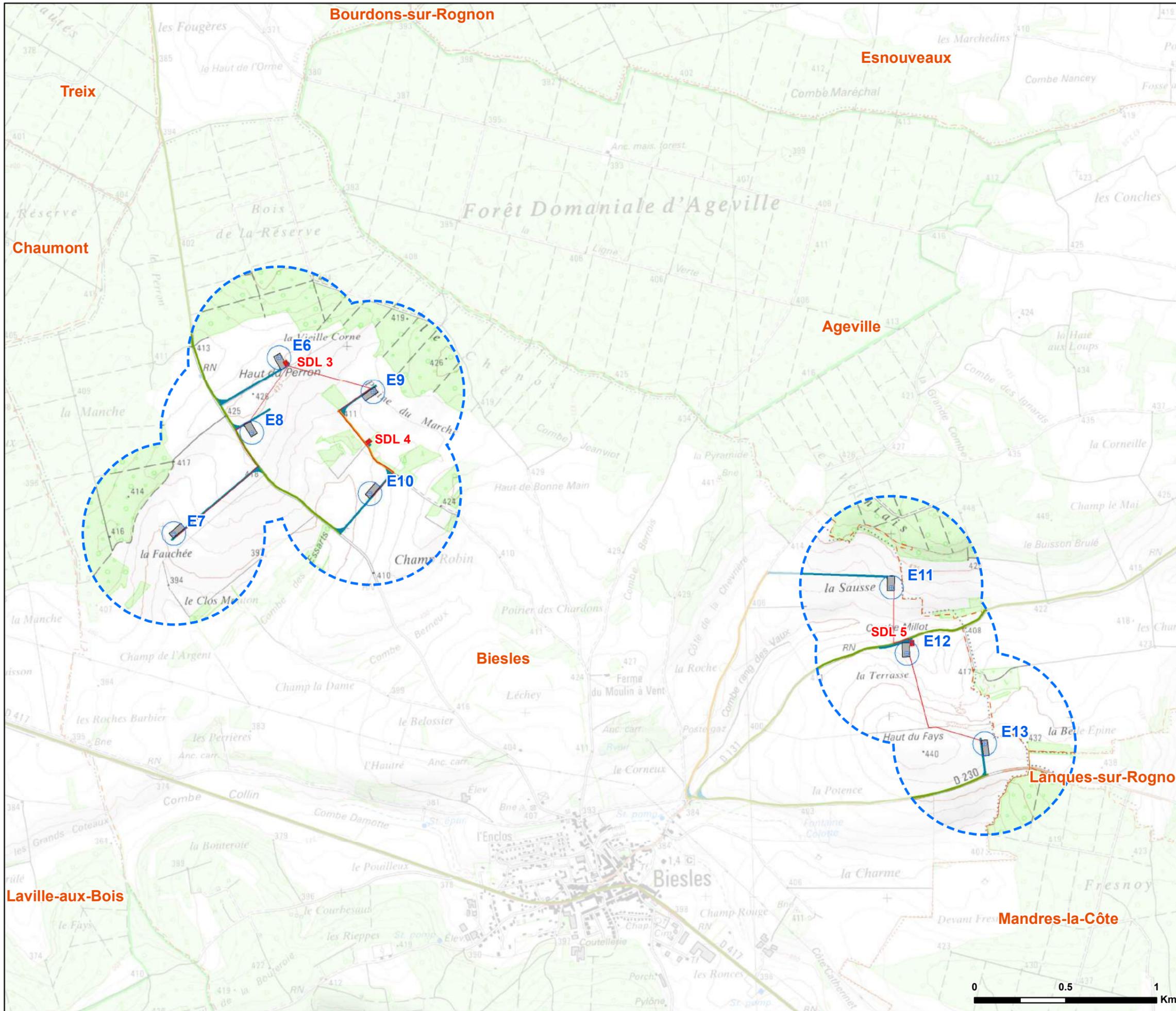
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des structures de livraison.

Numéro de l'éolienne	Coordonnées en WGS84		Altitude en mètres NGF (en m)
	Longitude	Latitude	
E1	E 5°19'20"	N 48°9'48"	378
E2	E 5°19'21"	N 48°9'36"	376
SdL 1	E 5°19'22"	N 48°9'38"	376
E3	E 5°19'27"	N 48°9'17"	391
E4	E 5°19'24"	N 48°9'02"	395
E5	E 5°19'27"	N 48°8'51"	400
E6	E 5°16'22"	N 48°6'44"	424
SdL 2	E 5°19'24"	N 48°8'50"	401
E7	E 5°15'53"	N 48°6'13"	402
SdL 3	E 5°16'24"	N 48°6'43"	425
E8	E 5°16'14"	N 48°6'31"	422
E9	E 5°16'47"	N 48°6'37"	413
SdL 4	E 5°16'45"	N 48°6'28"	407
E10	E 5°16'45"	N 48°6'19"	404

E11	E 5°19'03"	N 48°6'00"	416
E12	E 5°19'07"	N 48°5'48"	410
E13	E 5°19'26"	N 48°5'32"	433
SdL 5	E 5°19'08"	N 48°5'50"	408

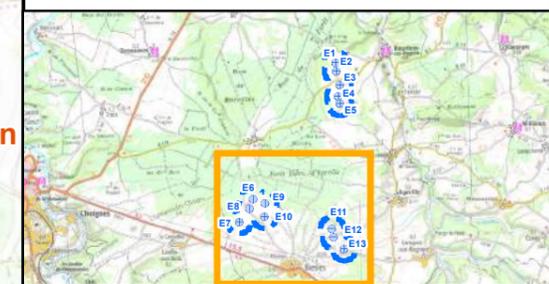
Ces coordonnées sont données avec une précision de plus ou moins 15 m. La hauteur totale maximum en bout de pôle sera de 180 m.

Un plan détaillé de l'installation précisant l'emplacement des aérogénérateurs, de la structure de livraison, des plateformes, des chemins d'accès et des câbles électriques enterrés est présenté à la page suivante.



- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - ↘ Accès à améliorer
 - ↘ Accès à créer
 - ↻ Virage à créer
 - ↘ Accès existant
 - ↘ Passage de câble
 - Périmètre de l'aire d'étude de danger
- Données administratives**
- Limite communale

Sources : OpenStreetMap

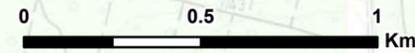


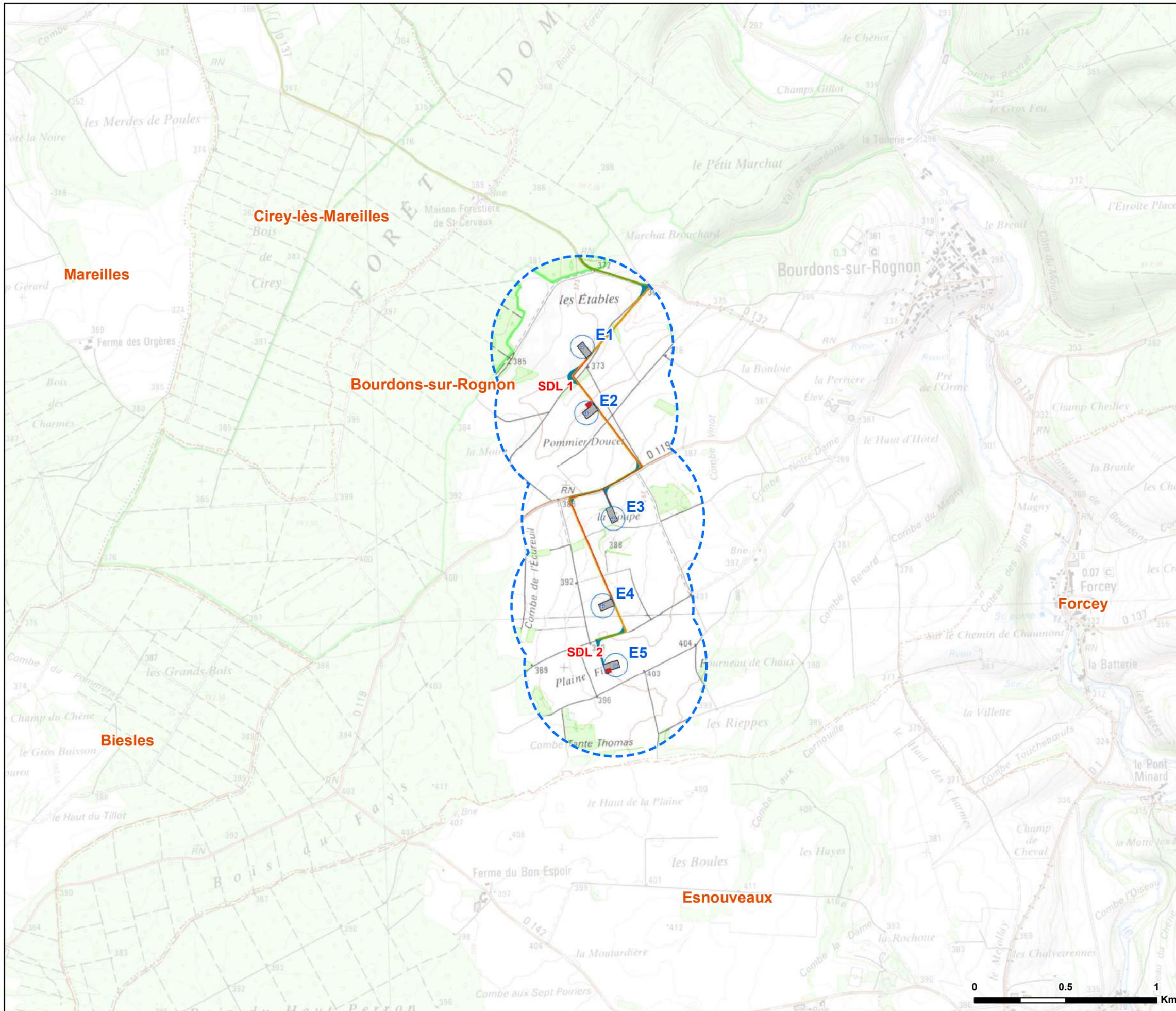
**Projet éolien
Haut Chemin 2**

EDD - Plan détaillé des installations 1/2

CARTE N°	03139D2814-01
FORMAT	A3
ECHELLE	1:20 000
COORDS	L93
DATE	03/05/2017

RES
 "LA FONTAINE"
 330 RUE DU MOURELET
 Z.I. DE COURTINE
 84000 AVIGNON, FRANCE
 TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
 FAX +33 (0) 4 32 76 03 01





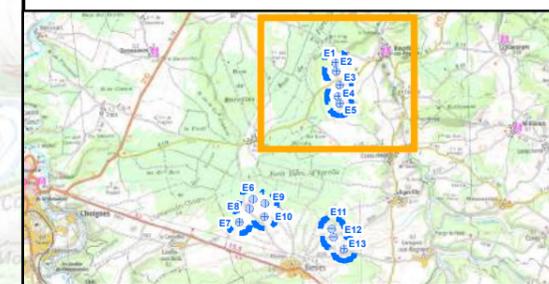
Projet

- Eolienne
- Survol
- Structure de livraison (SDL)
- Aire de grutage
- ↘ Accès à améliorer
- ↘ Accès à créer
- ↻ Virage à créer
- ↘ Accès existant
- ↘ Passage de câble
- Périmètre de l'aire d'étude de danger

Données administratives

- Limite communale

Sources : OpenStreetMap



**Projet éolien
Haut Chemin 2**

EDD - Plan détaillé des installations 1/2

CARTE N°	03139D2815-01
FORMAT	A3
ECHELLE	1:20 000
COORDS	L93
DATE	03/05/2017

RES
 "LA FONTAINE"
 330 RUE DU MOURELET
 Z.I. DE COURTINE
 84000 AVIGNON, FRANCE
 TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
 FAX +33 (0) 4 32 76 03 01

SCAN250 et SCAN1000 - Copyright IGN
 Reproduction interdite.

4.2 Fonctionnement de l'Installation

4.2.1 Principe de fonctionnement des aérogénérateurs

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 15 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite «nominale».

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, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), 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 de transmission à l'intérieur de la nacelle.
- Le tableau ci-après permet de recenser tous les éléments présents dans un parc éolien avec leur fonction et caractéristiques propres

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Massifs de fondation représentant environ 450m ³ de béton armé sur une profondeur d'environ 3 m. L'étude géotechnique permettra de dimensionner précisément les fondations pour chaque éolienne.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Mât en acier ou en béton de plusieurs tronçons. Hauteur totale maximale de 125 m et diamètre maximum de 10 m, de couleur blanc grisé (RAL 7035 ou similaire)
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	La nacelle abrite les composants suivants : <ul style="list-style-type: none"> - 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.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Rotor de 3 pales relié à la nacelle. La longueur d'une pale est de 65 m maximum (diamètre rotor 130 m maximum)
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Les transformateurs moyenne-tension sont situés à l'intérieur de la structure de l'éolienne (nacelle ou mât)
Structure de livraison	Disjoncteur général + compteurs d'énergie + supervision informatique	2 bâtiments préfabriqués distincts de mêmes dimensions (3 x 3 x 10,5 m chacun). Chaque bâtiment peut être utilisé pour l'installation d'un poste de livraison normalisé EDF ou d'un circuit bouchon (filtre 175 Hz) ou encore d'un local d'exploitation et de maintenance.

4.2.2 Sécurité de l'installation

L'ensemble des dispositions de l'arrêté ministériel en date du 26 août 2011 seront respectées.

Ainsi s'agissant d'une installation classée ICPE, à l'intérieur de laquelle des travaux considérés comme « dangereux » ont lieu de façon périodique, l'exploitant s'assure de la conformité réglementaire de ses installations au regard de la sécurité des travailleurs et de l'environnement.

Il veille notamment au contrôle par un organisme indépendant du maintien en bon état des équipements électriques, des moyens de protection contre le feu, des protections individuelles et collectives contre les chutes de hauteur, des moyens de levage, des ascenseurs de personnes et des équipements sous pression.

Par ailleurs, conformément à la réglementation ICPE, un suivi environnemental est effectué périodiquement, l'entretien est réalisé selon une périodicité définie dans le manuel d'entretien des éoliennes et l'ensemble des déchets est enlevé, trié puis retraité. Les équipements de sécurité des éoliennes, tels que les systèmes de contrôle de survitesse, arrêt d'urgence ou la vérification du boulonnage des tours font l'objet de vérifications de maintenance particulières selon des protocoles définis par les constructeurs et suivi dans le cadre du système qualité de l'exploitant.

4.2.3 Opérations de maintenance de l'installation

Depuis 2000, RES exploite des parcs éoliens qu'elle construit, pour son propre compte ou pour compte de tiers. Ce portefeuille de parcs en activité s'élève à 642 MW en 2017. La société vise à acquérir un maximum d'expertise en interne et veille donc à développer ses capacités d'ingénierie afin de toujours garantir une parfaite maîtrise technique des projets au cours de leur cycle de vie. RES veille par ailleurs à développer des partenariats stratégiques à long terme avec des fournisseurs clef, tels que Schneider Electric, Vestas, Senvion ou encore Siemens pour réaliser la maintenance des parcs dans des conditions techniques optimales. Par ailleurs, RES s'appuie sur l'expertise d'organismes de contrôle indépendants, tels que Dekra ou Bureau Veritas, afin de valider la qualité de la maintenance réalisée.

Le département Exploitation & Maintenance s'assure du suivi des parcs éoliens une fois ceux-ci mis en service et jusqu'à leur démantèlement en fin de vie. Chaque parc éolien est suivi par un superviseur de site dont le rôle est de coordonner les activités techniques et de

vérifier les bonnes conditions de sécurité de l'exploitation, notamment auprès des sous-traitants intervenant sur le parc. Il s'assure également de la traçabilité de l'ensemble des opérations par l'usage d'un registre consultable dans chaque éolienne et s'assure de la bonne mise en œuvre sur site de la politique Qualité Sécurité Environnement de RES. En cas d'urgence, un responsable technique de l'exploitant est joignable 7 jours/7 grâce à un système d'astreinte.

Par ailleurs, une surveillance à distance 24h/24 est établie par la société chargée de l'entretien des machines, en général le constructeur des éoliennes. Cette surveillance permet la remise en service à distance d'une machine à l'arrêt, lorsque cela est possible, et l'envoi de techniciens de maintenance dans les autres cas.

L'exploitant veille également à maintenir, durant toute la vie du parc éolien, des contrats d'entretien concernant les éoliennes et les postes électriques présents sur le parc. Il veille également à l'entretien des chemins et bas-côtés dans un souci de protection contre l'incendie.

L'entretien des éoliennes est réalisé par les fabricants qui possèdent toute l'expertise nécessaire, des techniciens formés, la documentation, les outillages, les pièces détachées, selon des contrats d'une durée de 5 à 15 ans. L'objectif de l'entretien est le maintien en état des éoliennes pour la durée de leur exploitation, soient 20 ans minimum, avec un niveau élevé de performance et dans le respect de la sécurité des intervenants ou des riverains.

Le plan d'entretien des éoliennes est rédigé par l'exploitant sur la base des recommandations de chaque constructeur d'éoliennes, et dans le respect des règles ICPE. Chaque constructeur construit ses matériels selon les normes européennes et respecte en particulier la norme IEC61400-1 définissant les besoins pour un plan de maintenance.

Entretien préventif :

Typiquement et conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011, l'entretien est réalisé au cours de deux visites annuelles au cours desquelles on s'assure de :

- État des structures métalliques (tours, brides, pales) et bon serrage des fixations
- Lubrification des éléments tournants, appoints d'huile au niveau des boîtes de vitesse ou groupes hydrauliques

- Vérification des éléments de sécurité de l'éolienne, dont l'arrêt d'urgence, la protection contre les survitesses, la détection d'incendie
- Vérification des différents capteurs et automates de régulation
- Entretien des équipements de génération électrique
- Tâches de maintenance prédictive : surveillance de la qualité des huiles, état vibratoire...
- Propreté générale

Entretien prédictif

Afin d'optimiser les conditions d'exploitation et de réduire les coûts parfois associés à des arrêts de production non programmés, l'exploitant peut mettre en place un programme de maintenance prédictive qui va au-delà des prescriptions usuelles du constructeur.

Cette anticipation de pannes est faite par la surveillance des paramètres d'exploitation des éoliennes, tels que les températures des équipements, l'analyse en laboratoire des lubrifiants et l'analyse des signatures vibratoires de certains équipements tournants. Ainsi, lorsqu'un paramètre dévie de sa plage normale de fonctionnement, l'exploitant déclenche une opération de maintenance ciblée sur le problème détecté, sans qu'une panne n'ait arrêté l'éolienne.

Entretien correctif

Par ailleurs, tout au long de l'année, des interventions sont déclenchées au besoin lorsqu'un équipement tombe en panne. Il s'agit de maintenance corrective dans ce cas. Le centre de surveillance envoie une équipe de maintenance après l'avoir avertie de la nature de la panne observée et des éléments probables pouvant contribuer à la panne.

4.2.4 Stockage et flux de produits dangereux

L'ensemble des déchets générés par la maintenance des éoliennes fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un retraitement dans un centre agréé.

Une procédure en vigueur chez l'exploitant établit les conditions de gestion des déchets et permet la traçabilité de ce process. En général, le contrat d'entretien du parc régit les

conditions de sous-traitance de cette activité à l'entreprise réalisant la maintenance des éoliennes.

Enfin, conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes.

4.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation

4.3.1 Raccordement électrique

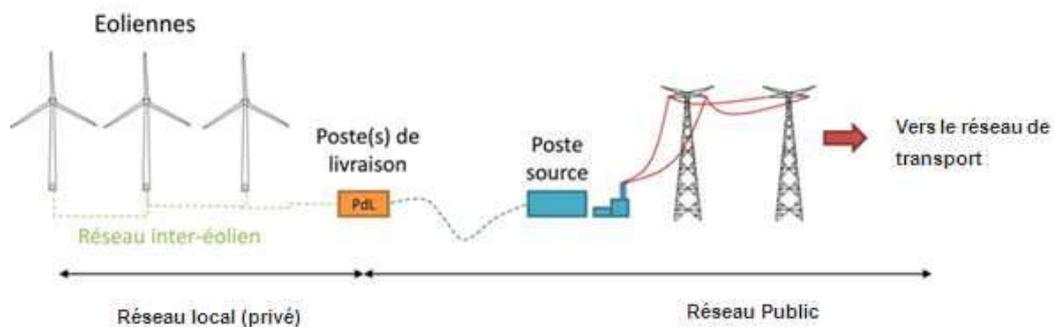


Figure 9 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne³, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 85 cm.

Le réseau inter-éolien mis en place sur le parc éolien Haut Chemin 2 représente une longueur de 8 000 m.

³ Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

Poste de livraison

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

La configuration du parc éolien Haut Chemin 2, en termes de puissance, nécessite la création de 5 postes de livraison.

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

Sur le parc éolien Haut Chemin 2, les structures de livraison se situent sur les plateformes des éoliennes 2, 5, 6, 12. Une (la SDL 4) est situé de manière indépendante entre les éoliennes 9 et 10.

Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe prévoit de relier la structure de livraison au poste source existant de Chaumont, situé à environ 16 km à vol d'oiseau du parc. Ce réseau sera réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ENEDIS, anciennement ERDF - Électricité Réseau Distribution France) ; il est entièrement enterré, et constitue une extension du réseau public de distribution. Le tracé sera à définir par ENEDIS dans le cadre des études de raccordement réalisées au titre de l'article 3 du décret n°2011-1697 du 1^{er} décembre 2011, après obtention de l'autorisation environnementale.

4.3.2 Autres réseaux

Le parc éolien Haut Chemin 2 et ses équipements ne sont reliés à aucun réseau de gaz, d'alimentation en eau potable ou d'assainissement.

5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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.

L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, sera traitée dans l'analyse de risques.

5.1 Potentiels de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien Haut Chemin 2 sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...)

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison.

L'ensemble des déchets générés par la maintenance des éoliennes fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un retraitement dans un centre agréé. Une procédure en vigueur chez l'exploitant établira les conditions de gestion des déchets et permettra la traçabilité de ce processus. Ces déchets seront de type huiles usagées (environ 30% du total), chiffons et emballages souillés (environ 60% du total), piles, batteries, néons, aérosols, DEEE (environ 10% du total), déchets industriels banals.... pour une quantité maximale de 2 m³ par éolienne et par an.

5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien Haut Chemin 2 sont de cinq types :

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- Projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Echauffement de pièces mécaniques ;
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Échauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets

5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

5.3.1 Principales actions préventives

Les choix techniques du projet éolien Haut Chemin 2 se sont orientés selon les axes suivants :

Choix de l'emplacement des installations

Le parc éolien Haut Chemin 2 a été conçu dans l'objectif de se tenir à distance des enjeux potentiels.

Ainsi, pour définir l'implantation du parc, RES s'est éloigné au maximum des habitations afin d'éviter les impacts d'ordre acoustique. Alors que le code de l'urbanisme impose un éloignement de 500 m aux habitations, la distance minimale entre une éolienne du parc Haut Chemin 2 et une habitation est de 940 m (voir paragraphe 4.2.1).

S'agissant des différents usagers de l'espace aérien, RES a échangé avec le ministère de la Défense et avec la Direction Générale de l'Aviation Civile afin de s'assurer de la compatibilité du site avec les enjeux de circulation aérienne.

Choix des éoliennes

Forte de son expérience de près de 15 ans dans l'exploitation de parcs éoliens, RES dispose des compétences internes nécessaires pour définir en amont le type d'éolienne le plus adapté aux sites étudiés et aux différentes problématiques qui leurs sont propres.

Ainsi, le choix précis de l'éolienne retenue se fera sur la base d'un appel d'offre constructeur après obtention des demandes d'autorisation. Ce choix sera opéré de manière à répondre aux caractéristiques techniques du site (production d'électricité, réglementation acoustique, distance inter éolienne).

Inventaire des incidents et accidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France est présenté au paragraphe 7.1 de la présente étude de dangers. Il se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne à la date de cette étude de dangers.

D'autre part, la base de données ARIA rassemble les informations sur les accidents technologiques en France. En particulier, elle regroupe les accidents survenus dans les

installations classées pour la protection de l'environnement. Cette base de données est accessible à l'adresse suivante : <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>.

5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.

6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail de l'information.

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accidents rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarii les plus souvent rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 9 pour l'analyse détaillée des risques.

6.1 Inventaire des incidents et accidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien Haut Chemin 2. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des incidents et accidents au niveau français. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de presse locale ou de bases de données mises en place par des associations :

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données produite par le groupe de travail de SER/FEE (qui a élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs

éoliens) apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France.

Un total de 43 incidents a pu être recensé entre 2000 et fin 2016 (voir tableau détaillé en annexe).

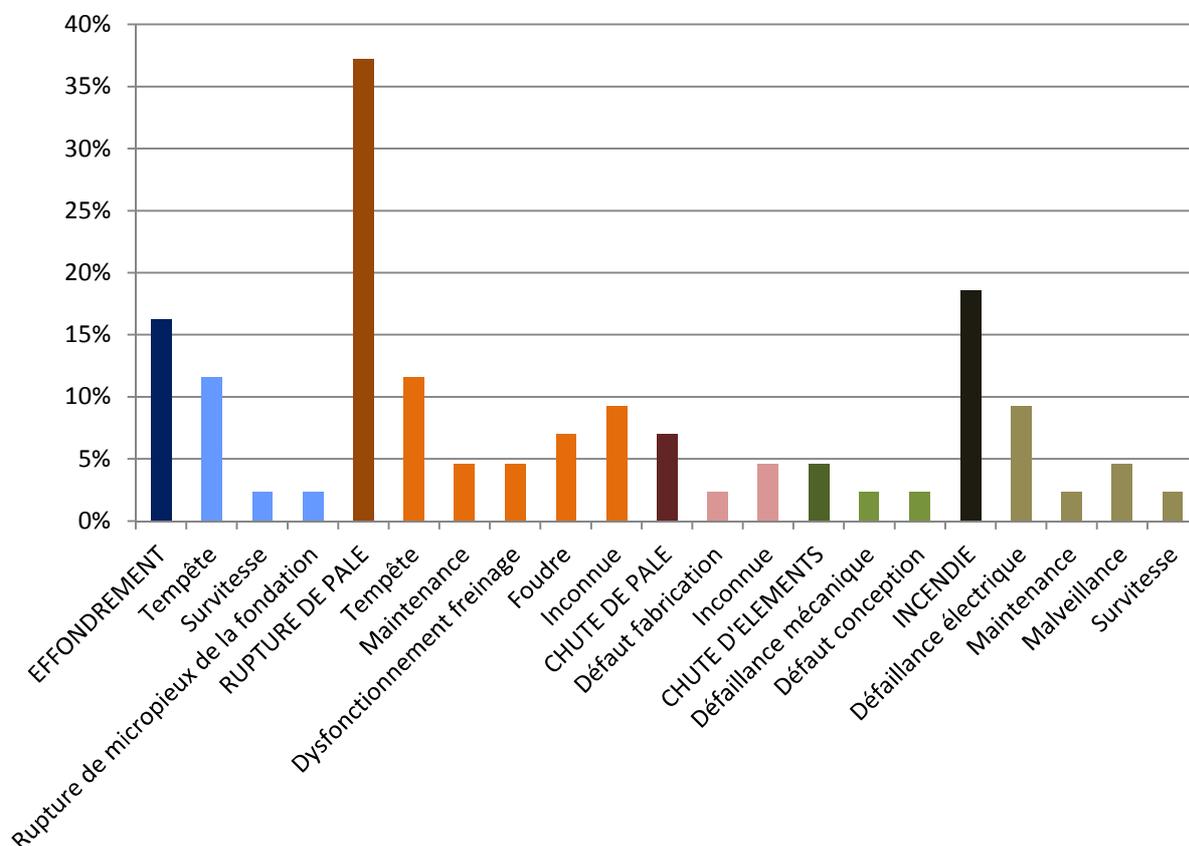
Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique présenté ci-après montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2016. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des événements : effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Ces causes sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

**Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières
sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2016**



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

6.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

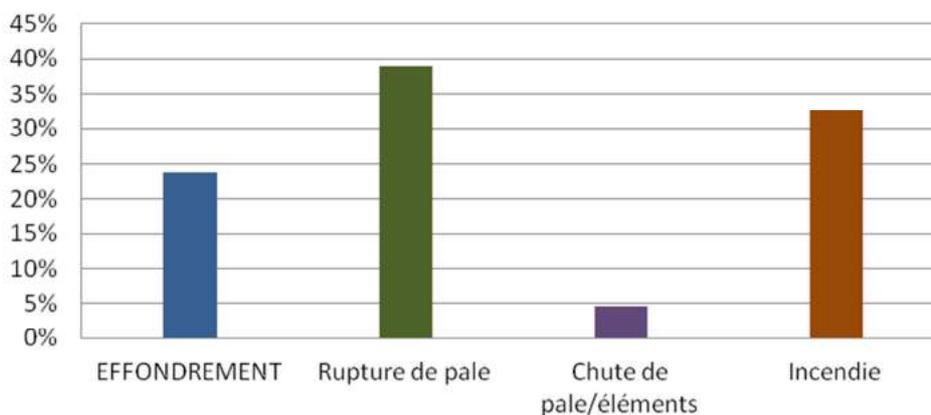
La synthèse présentée à la page suivante provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF - www.caithnesswindfarms.co.uk).

Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des

« accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

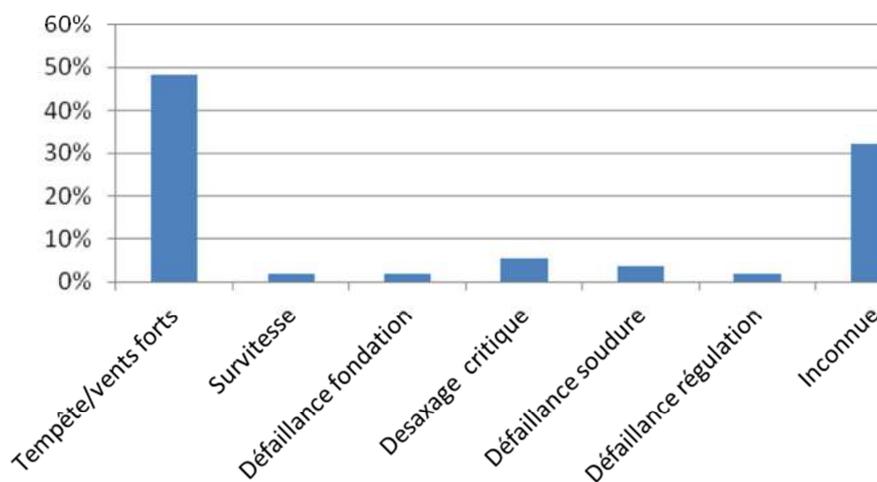
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

Répartition des événements accidentels dans le monde
entre 2000 et 2011

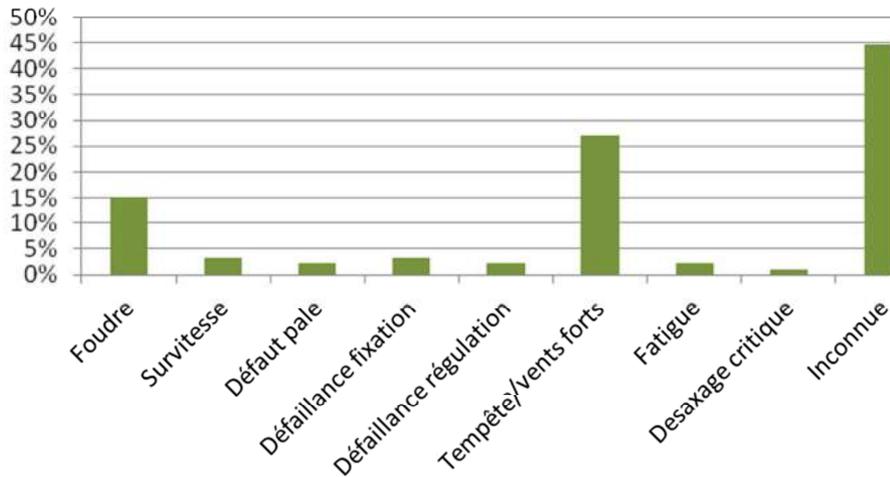


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

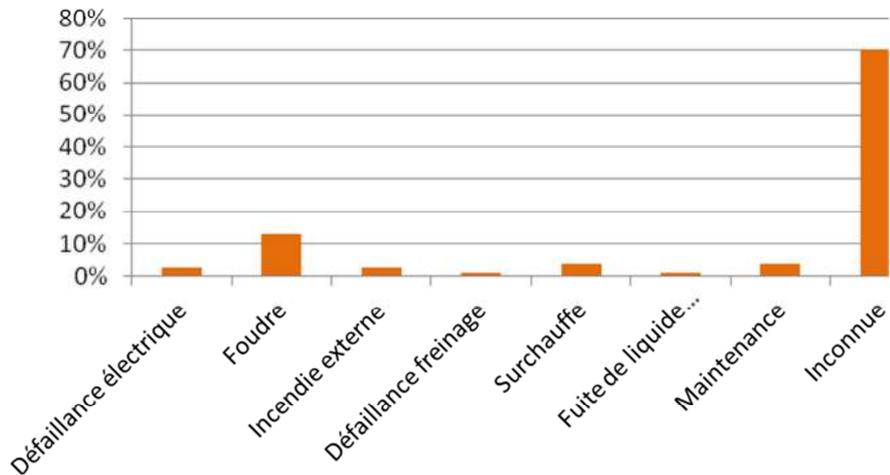
Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières de rupture de pale



Répartition des causes premières d'incendie



Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents

6.3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

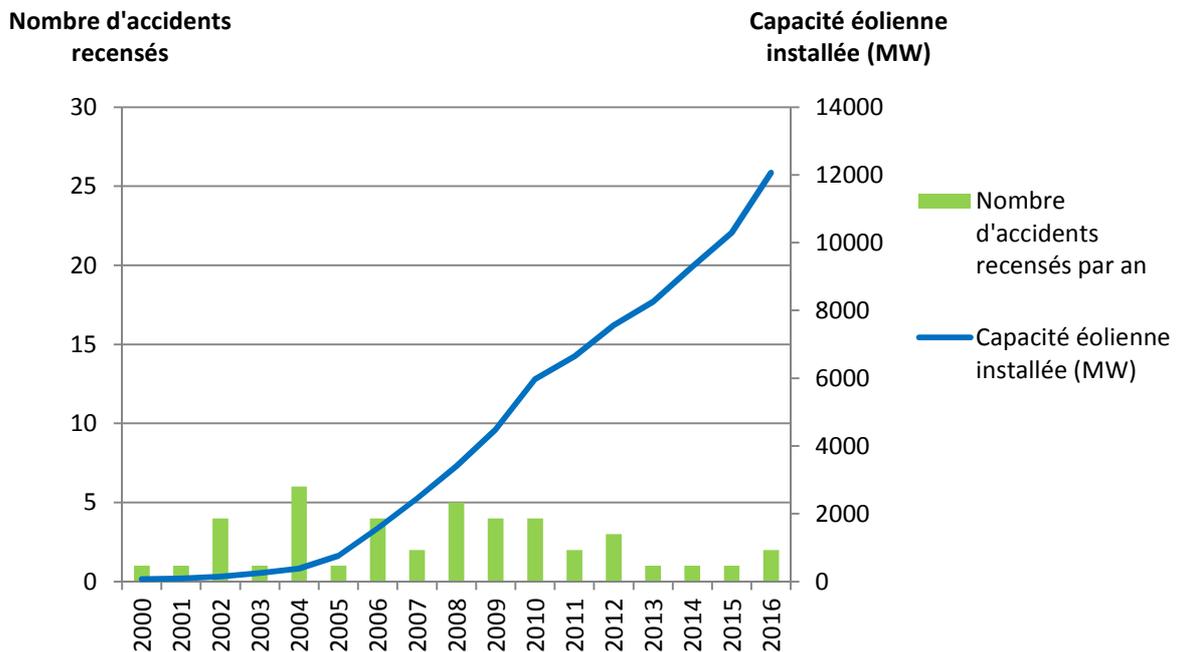
6.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

A partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction du nombre d'éoliennes installées.

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

Evolution du nombre d'accidents annuels en France et capacité éolienne installée



6.3.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale permet d'identifier les principaux événements suivants :

- Effondrements ;
- Ruptures de pales ;
- Chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- Incendie.

6.4 Limites d'utilisation de l'accidentologie

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

- **La non-exhaustivité des événements** : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;
- **La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience** : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- **Les importantes incertitudes** sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents.

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais à une échelle détaillée, elle comporte de nombreuses incertitudes.

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarii d'accidents majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarii de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarii d'accidents potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

Les scénarii d'accidents sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarii d'accidents qui présentent des conséquences limitées et les scénarii d'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse des risques :

- chute de météorite ;
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R.214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 du même code ;
- actes de malveillance.

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques car les conséquences propres de ces événements, en termes de gravité et d'intensité, sont largement supérieures aux conséquences potentielles de l'accident qu'ils pourraient entraîner sur les aérogénérateurs.

Le risque de sur-accident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements suivants :

- inondations ;
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

7.3 Recensement des agressions externes potentielles

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Infrastructure	Voies de circulation <i>telles que définies à l'annexe 1 de l'EDD (=voies structurantes > 2000 véhicules/jour)</i>	Aérodrome	Ligne THT	Autres aérogénérateurs
Fonction	Transport	Transport aérien	Transport d'électricité	Production d'électricité
Événement redouté	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Chute d'aéronef	Rupture de câble	Accident générant des projections d'éléments
Danger potentiel	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Arc électrique, surtensions	Energie cinétique des éléments projetés
Périmètre (m)	200	2000	200	500
Distance par rapport au mât des éoliennes (m)				
E1	NA*	NA	NA	363
E2	NA	NA	NA	363
E3	NA	NA	NA	481
E4	NA	NA	NA	333
E5	NA	NA	NA	333
E6	NA	NA	NA	436
E7	NA	NA	NA	700
E8	NA	NA	NA	436
E9	NA	NA	NA	548
E10	NA	NA	NA	558
E11	NA	NA	NA	371
E12	NA	NA	NA	371
E13	NA	NA	NA	654

*NA = non applicable= absence de l'infrastructure visée dans le rayon dédié pour l'agression.

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels :

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	<p>L'emplacement des aérogénérateurs n'est pas compris dans une zone affectée par des cyclones tropicaux. Des vents très violents dépassant les 120 km/h ont toutefois déjà été observés dans le secteur (notamment durant la tempête de 1999).</p> <p>Les éoliennes étant dimensionnées pour supporter des vents pouvant atteindre 250 km/h, il n'y a pas lieu de proposer de mesures particulières.</p>
Foudre	<p>Le parc éolien respectera la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006).</p>
Glissement de sols/ affaissement miniers	<p>Aucun risque significatif liés aux mouvements de terrain, à l'aléa retrait- gonflement des argiles ou à des cavités n'est référencé sur les bases de données Infoterre et Géorisques.</p>

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après.

En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque d'incendie, etc.). En effet, le système de mise à la terre permet d'évacuer l'intégralité du courant de foudre. Cependant, les conséquences indirectes de la foudre, comme la possible fragilisation progressive de la pale, sont prises en compte dans les scénarii de rupture de pale.

7.4 Analyse générique des risques liés aux agressions externes potentielles

Le tableau ci-après, présente une proposition d'analyse générique des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

- une description des causes et de leur séquençage (*événements initiateurs* et *événements intermédiaires*) ;
- une description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

L'échelle utilisée pour l'évaluation de l'intensité des événements a été adaptée au cas des éoliennes :

- « 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;
- « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

Les différents scénarii listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarii concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Ce tableau, présentant le résultat d'une analyse des risques, peut être considéré comme représentatif des scénarii d'accidents pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes. Il est présenté page suivante.

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

7.5 Effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, l'une des possibilités est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus.

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise :

« [...] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers [...]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ».

C'est la raison pour laquelle, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

7.6 Mise en place des mesures de sécurité

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc Haut Chemin 2.

Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- Fonction de sécurité : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.

- Numéro de la fonction de sécurité : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- Mesures de sécurité : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- Description : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- Indépendance (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarii d'accidents. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- Temps de réponse (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- Efficacité (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- Test (fréquence) : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- Maintenance (fréquence) : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de dangers particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	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		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		
Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	DéTECTEURS de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	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 pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		
Maintenance	/		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en particulier les pâles		
Description	<ul style="list-style-type: none"> - L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol - Détection des cyclones - Formation des opérateurs - Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte 		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	/		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011, notamment, sur une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalisera une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

Nom du scénario exclu	Justification
<p>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</p>	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle (située à 50 mètres de hauteur), la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
<p>Incendie du poste de livraison ou du transformateur</p>	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
<p>Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C</p>	<p>Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.</p>
<p>Infiltration d'huile dans le sol</p>	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapproché d'une nappe phréatique.</p>

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

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

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

8 ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

A ce stade du projet le gabarit de l'éolienne retenu est arrêté mais le développeur ne procédera au choix final de l'éolienne qu'au moment de la construction du parc et en fonction des éoliennes disponibles auprès des fournisseurs. C'est-à-dire après l'obtention des autorisations administratives.

Afin que l'étude de dangers demeure pertinente, les calculs de l'étude détaillée des risques ci-après retiendront les dimensions de l'éolienne qui sont les plus pénalisantes pour le gabarit retenu. Ces dimensions, resteront conformes à des machines du marché disposant de la même hauteur sommitale (Hmax).

Les calculs intégreront suivant le cas soit le diamètre de rotor le plus important avec une hauteur de mât réduite, soit une hauteur de mât plus importante et un rotor plus petit, de façon à garder le même Hmax. Ceci dans le but de calculer le degré d'exposition maximum du phénomène étudié.

Ainsi, il sera adopté :

- pour le calcul de projection de pales ou de fragments de pales, et pour le calcul la configuration Hauteur de mât min et diamètre de rotor max (soit : HH min = 115 m ; D max = 130 m).
- Pour tous les autres calculs, la configuration Hauteur de mât max et diamètre de rotor min (soit : HH max = 125 m ; D min = 110 m).

8.1 Rappels des définitions

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

Cet arrêté est complété par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

Cette première partie de l'étude détaillée des risques consiste donc à rappeler les définitions de chacun de ces paramètres, en lien avec les références réglementaires correspondantes.

8.1.1 Cinétique

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.

8.1.2 Intensité

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 scénarii retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarii 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 scénarii 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 %

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

8.1.3 Gravité

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.

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

8.1.4 Probabilité

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 scénarii d'accident majeur :

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

8.2 Caractérisation des scénarii retenus

8.2.1 Effondrement de l'éolienne

Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale maximale de l'éolienne en bout de pale, soit 180 m dans le cas des éoliennes du parc éolien Haut Chemin 2.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface totale balayée par le rotor et la surface du mât non balayée par le rotor, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne concernant le parc éolien Haut Chemin 2.

- R est la longueur minimale de pale envisagée (R= 55 m), de forme triangulaire avec une base de largeur LB (LB= 4.5 m), H la hauteur maximale envisagée pour le mât (H= 125 m) et L la largeur maximale du mât (L= 10 m).

Nota : L'intensité du phénomène d'effondrement est nulle au-delà de la zone d'effondrement.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$ $Z_I = 1621.25$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$ $Z_E = 101\,787.602$	$d = Z_I / Z_E$ d= 0.014890466 soit 1.59%	Exposition forte
La zone d'impact est de 1621.3 m²	La zone d'effet est de 101 788 m²	Le degré d'exposition du phénomène est donc compris entre 1 et 5%	

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- ☞ **Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux »**
- ☞ **Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »**
- ☞ **Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »**
- ☞ **Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »**
- ☞ **Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »**

Distance aux routes :

Certaines éoliennes se trouvent à moins de 180m de routes communales ou départementales. Toutefois, ces différentes routes accueillent un trafic journalier inférieur à 2000 véhicules et ne figurent donc pas parmi les axes du réseau structurant.

Pour calculer la gravité associée à l'évènement « projection de pale ou fragment de pale », il a été nécessaire de connaître la longueur du segment de ces routes qui traversent la zone des 180 m autour de ces éoliennes.

D'après la méthode du comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (annexe 1), celle-ci indique pour les voies de circulation non structurantes : 1 personne pour 10 ha.

Ces hypothèses ont abouti à un résultat inférieur à 1 personne permanente exposée pour l'ensemble des éoliennes concernées.

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	< 1	Sérieuse
E2	< 1	Sérieuse
E3	< 1	Sérieuse
E4	< 1	Sérieuse
E5	< 1	Sérieuse
E6	< 1	Sérieuse
E7	< 1	Sérieuse
E8	< 1	Sérieuse
E9	< 1	Sérieuse
E10	< 1	Sérieuse
E11	< 1	Sérieuse
E12	< 1	Sérieuse
E13	< 1	Sérieuse

Probabilité

Pour l'effondrement d'une éolienne, les valeurs retenues dans la littérature sont détaillées dans le tableau suivant :

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005.

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience⁴, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de sécurité sont notamment :

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

⁴ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien Haut Chemin 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Acceptable
E2	Sérieuse	Acceptable
E3	Sérieuse	Acceptable
E4	Sérieuse	Acceptable
E5	Sérieuse	Acceptable
E6	Sérieuse	Acceptable
E7	Sérieuse	Acceptable
E8	Sérieuse	Acceptable
E9	Sérieuse	Acceptable
E10	Sérieuse	Acceptable
E11	Sérieuse	Acceptable
E12	Sérieuse	Acceptable
E13	Sérieuse	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien Haut Chemin 2, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2 Chute de glace

Considérations générales

Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace.

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

Lors des périodes de dégel qui suivent les périodes de grand froid, des chutes de glace peuvent se produire depuis la structure de l'éolienne (nacelle, pales). Normalement, le givre qui se forme en fine pellicule sur les pales de l'éolienne fond avec le soleil. En cas de vents forts, des morceaux de glace peuvent se détacher. Ils se désagrègent généralement avant d'arriver au sol. Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien Haut Chemin 2, la zone d'effet a donc un rayon de 65 mètres qui correspond au rayon maximum envisagé pour l'éolienne. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Haut Chemin 2 la zone d'effet a donc un rayon de 65 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le degré d'exposition est calculé pour un morceau de glace d'une surface d'1 m², de façon à majorer la zone d'impact, et donc, le degré d'exposition.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien Haut Chemin 2.

- Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale minimale envisagée ($R= 55$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1$ m²).

Nota : L'intensité est nulle hors de la zone de survol.

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$ $Z_I = 1$ La zone d'impact est d'1 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ $Z_E = 9\,503,3177$ La zone d'effet est de 9 503 m ²	$d = Z_I / Z_E$ $d = 0,000105$ soit 0,01% Le degré d'exposition du phénomène est inférieur à 1%	Exposition modérée

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

<ul style="list-style-type: none"> ☞ Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux » ☞ Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique » ☞ Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ☞ Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ☞ Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	< 1	Modérée
E2	< 1	Modérée
E3	< 1	Modérée
E4	< 1	Modérée
E5	< 1	Modérée
E6	< 1	Modérée
E7	< 1	Modérée
E8	< 1	Modérée
E9	< 1	Modérée
E10	< 1	Modérée
E11	< 1	Modérée
E12	< 1	Modérée
E13	< 1	Modérée

Probabilité

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien Haut Chemin 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
<i>Éolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable
E13	Modérée	Acceptable

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

Ainsi, pour le parc éolien Haut Chemin 2, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor.

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien Haut Chemin 2.

- d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale minimale envisagée ($R= 55$ m) de forme triangulaire avec une base de largeur LB ($LB= 4,5$ m).

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$ $Z_I = 123,75$	$Z_E = \pi \times R^2$ $Z_E = 9\,503,3177$	$d = Z_I / Z_E$ $d = 0,013021$ soit 1,3%	Exposition forte
La zone d'impact est de $123,75\ m^2$	La zone d'effet est de $9\,503\ m^2$	Le degré d'exposition du phénomène est donc compris entre 1 et 5%	

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

☞ Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux »
☞ Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
☞ Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
☞ Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
☞ Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
<i>Éolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1	< 1	Sérieuse
E2	< 1	Sérieuse
E3	< 1	Sérieuse
E4	< 1	Sérieuse
E5	< 1	Sérieuse
E6	< 1	Sérieuse
E7	< 1	Sérieuse
E8	< 1	Sérieuse
E9	< 1	Sérieuse
E10	< 1	Sérieuse
E11	< 1	Sérieuse
E12	< 1	Sérieuse
E13	< 1	Sérieuse

Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien Haut Chemin 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Acceptable
E2	Sérieuse	Acceptable
E3	Sérieuse	Acceptable
E4	Sérieuse	Acceptable
E5	Sérieuse	Acceptable
E6	Sérieuse	Acceptable
E7	Sérieuse	Acceptable
E8	Sérieuse	Acceptable
E9	Sérieuse	Acceptable
E10	Sérieuse	Acceptable
E11	Sérieuse	Acceptable
E12	Sérieuse	Acceptable
E13	Sérieuse	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien Haut Chemin 2, le phénomène de chute d'éléments d'éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4 Projection de pâles ou de fragments de pâles

Zone d'effet

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

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

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

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

Intensité

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

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien Haut Chemin 2.

- r est le rayon de la zone de projection de pale ou de fragment de pale ($r= 500$), d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale maximale envisagée ($R= 65$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 4,5$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I=R*LB/2$ $Z_I=146,25$	$Z_E= \pi \times r^2$ $Z_E= 785\ 398$	$d = Z_I / Z_E$ $d= 0.00018621$ soit 0,019%	Exposition modérée
La zone d'impact est de 146,25 m^2	La zone d'effet est de 785 398 m^2	Le degré d'exposition du phénomène est inférieur à 1%	

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 9.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- ☞ **Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »**
- ☞ **Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »**
- ☞ **Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »**
- ☞ **Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »**
- ☞ **Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »**

Distance aux routes :

Certaines éoliennes se trouvent à moins de 500m de routes communales ou départementales. Toutefois, ces différentes routes accueillent un trafic journalier inférieur à 2000 véhicules et ne figurent donc pas parmi les axes du réseau structurant.

Pour calculer la gravité associée à l'évènement « projection de pale ou fragment de pale », il a été nécessaire de connaître la longueur du segment de ces routes qui traversent la zone des 500 m autour de ces éoliennes.

D'après la méthode du comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (annexe 1), celle-ci indique pour les voies de circulation non structurantes : 1 personne pour 10 ha.

Ces hypothèses ont abouti à un résultat inférieur à 1 personne permanente exposée pour l'ensemble des éoliennes concernées.

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Éolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1	< 1	Modérée
E2	< 1	Modérée
E3	< 1	Modérée
E4	< 1	Modérée
E5	< 1	Modérée
E6	< 1	Modérée
E7	< 1	Modérée
E8	< 1	Modérée
E9	< 1	Modérée
E10	< 1	Modérée
E11	< 1	Modérée
E12	< 1	Modérée
E13	< 1	Modérée

Probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection. Il est donc considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D » : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien Haut Chemin 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
<i>Éolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E10	Modérée	Acceptable
E11	Modérée	Acceptable
E12	Modérée	Acceptable
E13	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien Haut Chemin 2, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.5 *Projection de glace*

Zone d'effet

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

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

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

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

Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien Haut Chemin 2.

- d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale minimale envisagée (R= 55), H la hauteur maximale envisagée pour le moyeu (H= 125), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne, soit 368 m pour les éoliennes de Haut Chemin 2)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$ $Z_I = 1$	$ZE = \pi \times [1,5 \times (H+2R)]^2$ $Z_E = 425\,447,04$	$d = Z_I / Z_E$ $d = 2,35047 \times 10^{-6}$ soit 0,00024%	Exposition modérée
La zone d'impact est de 1 m²	La zone d'effet est de 425 447 m²	Le degré d'exposition du phénomène est inférieur à 1%	

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 9.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

<ul style="list-style-type: none"> ☞ Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux » ☞ Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique » ☞ Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ☞ Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ☞ Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 368 m autour de l'éolienne)		
<i>Éolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
E1	< 1	Modérée
E2	< 1	Modérée
E3	< 1	Modérée
E4	< 1	Modérée
E5	< 1	Modérée
E6	< 1	Modérée
E7	< 1	Modérée
E8	< 1	Modérée
E9	< 1	Modérée
E10	< 1	Modérée
E11	< 1	Modérée
E12	< 1	Modérée
E13	< 1	Modérée

Probabilité

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

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;

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

Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien Haut Chemin 2, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 368 m autour de l'éolienne)			
<i>Éolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modérée	Oui	Acceptable
E2	Modérée	Oui	Acceptable
E3	Modérée	Oui	Acceptable
E4	Modérée	Oui	Acceptable
E5	Modérée	Oui	Acceptable
E6	Modérée	Oui	Acceptable
E7	Modérée	Oui	Acceptable
E8	Modérée	Oui	Acceptable
E9	Modérée	Oui	Acceptable
E10	Modérée	Oui	Acceptable
E11	Modérée	Oui	Acceptable
E12	Modérée	Oui	Acceptable
E13	Modérée	Oui	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien Haut Chemin 2, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.1 Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

Les tableaux présentés aux pages suivantes récapitulent, pour chaque événement redouté retenu, les paramètres de risques :

- la cinétique ;
- l'intensité ;
- la gravité ;
- la probabilité.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne (1)	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale = 180 m	Rapide	exposition forte	D (pour des éoliennes récentes) ⁵	Sérieuse Pour les éoliennes E1 à E13
Chute de glace (2)	Zone de survol = 65 m	Rapide	exposition modérée	A	Modérée Pour les éoliennes E1 à E13
Chute d'élément de l'éolienne (3)	Zone de survol = 65 m	Rapide	exposition forte	C	Sérieuse Pour les éoliennes E1 à E13
Projection de pale (4)	500 m	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁶	Modérée Pour les éoliennes E1 à E13
Projection de glace (5)	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 368 m	Rapide	exposition modérée	B	Modérée Pour les éoliennes E1 à E13

⁵ Voir paragraphe 8.2.1

⁶ Voir paragraphe 8.2.4

8.3.2 Synthèse de l'acceptation 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 précédemment sera utilisée.

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	(1)	(3)	Yellow	Red
Modéré	Green	(4)	Green	(5)	(2)

Légende de la matrice

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

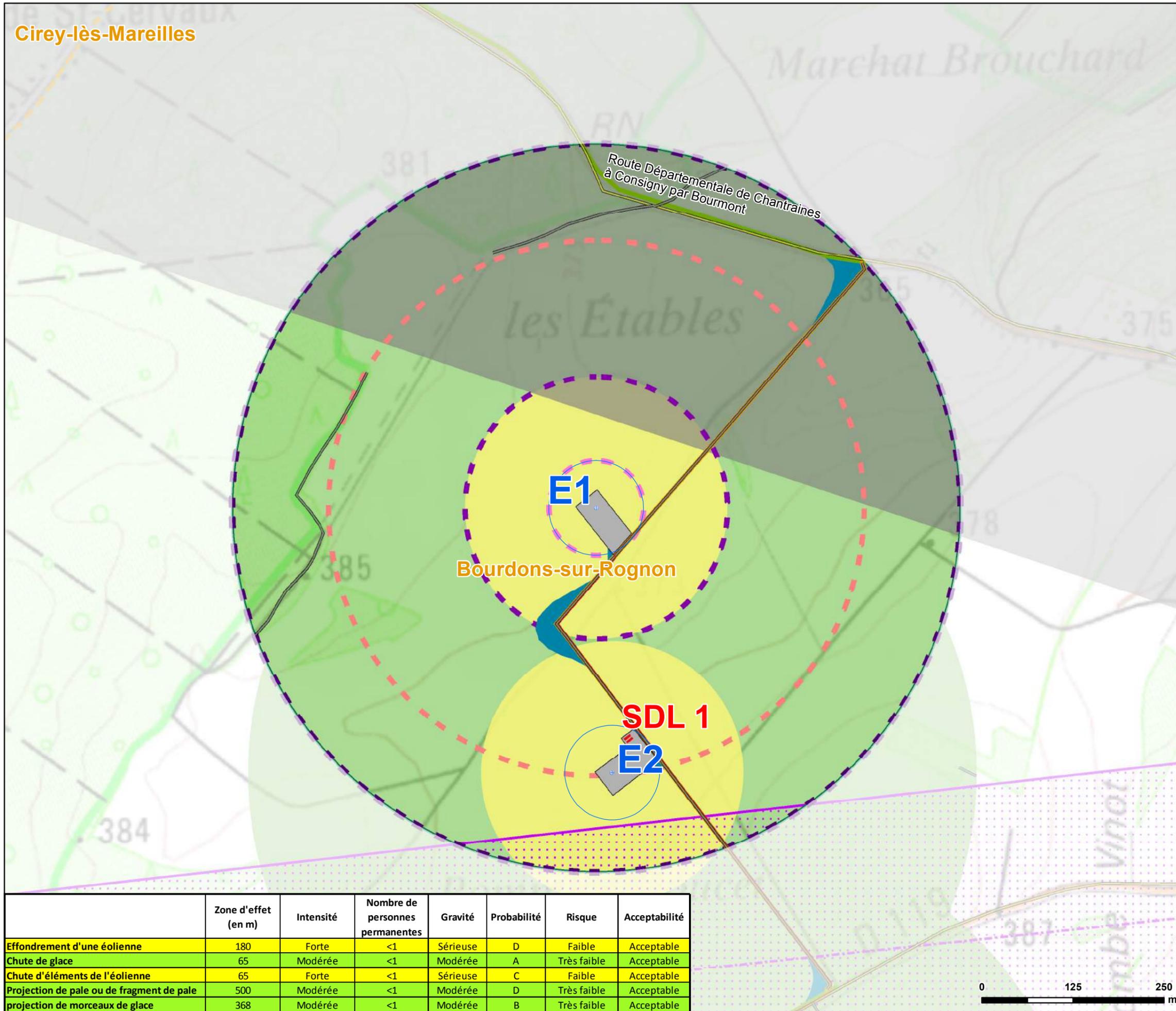
- ☞ **aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice**
- ☞ **certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.**

8.4 Cartographie des risques

Les cartes présentées aux pages suivantes font apparaître, pour les scénarii détaillés dans le tableau de synthèse :

- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- L'intensité des différents phénomènes dangereux dans la zone d'effet de chaque phénomène,
- Le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées, par zone d'effet.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en **Annexe 1**. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.



- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - ↘ Accès à améliorer
 - ↘ Accès à créer
 - ↻ Virage à créer
 - ↘ Accès existant
 - ↘ Passage de câble

- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne

- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable

- Infrastructures**
- Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)

- Servitudes aéronautiques**
- Zone latérale : tronçon RTBA LFR 69

- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE) - PT2LH
 - Zone de protection au faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE)

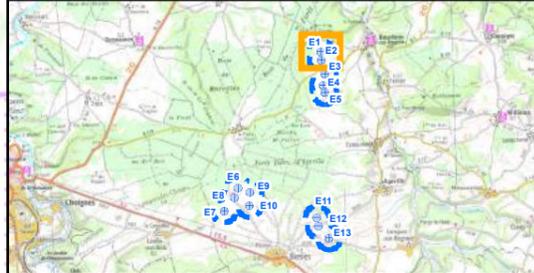
- Données administratives**
- Limite communale

Bourdons-sur-Rognon Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable

Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Synthèse des risques Eolienne E1

CARTE N° 03139D2840-01

FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

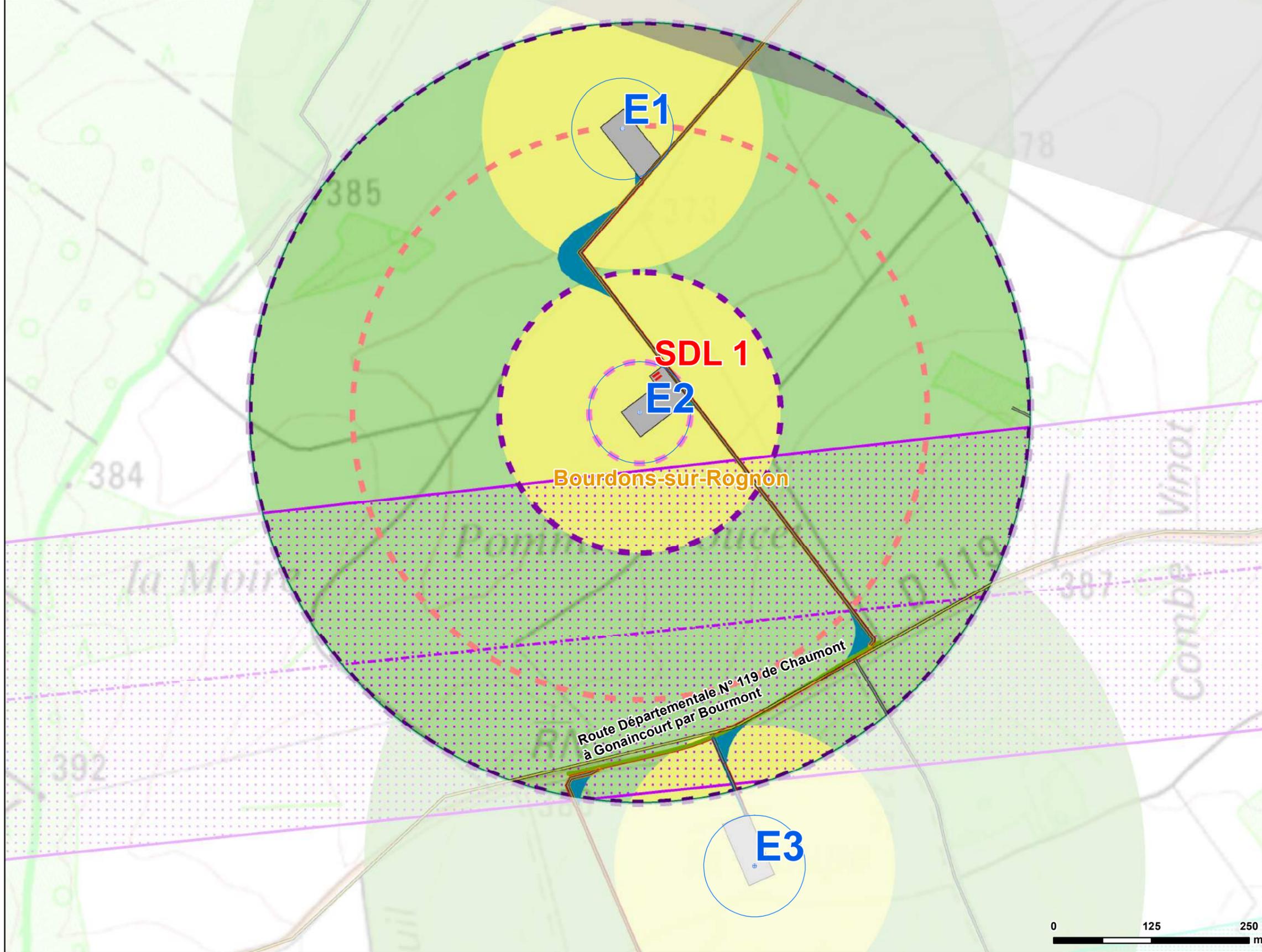
COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.



RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
Z.I. DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01

	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable



Projet

- Eolienne
- Survol
- Structure de livraison (SDL)
- Aire de grutage
- Accès à améliorer
- Accès à créer
- Virage à créer
- Accès existant
- Passage de câble

Périmètres d'analyse des risques

- Périmètre de l'aire d'étude de danger
- Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
- Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
- Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne

Synthèse d'acceptation des risques

- Risque très faible = risque acceptable
- Risque faible = risque acceptable

Infrastructures

- Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
- Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)

Servitudes aéronautiques

- Zone latérale : tronçon RTBA LFR 69

Autres infrastructures et protections réglementaires

- Faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE) - PT2LH
- Zone de protection au faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE)

Données administratives

- Limite communale
- Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



**Projet éolien
Haut Chemin 2**

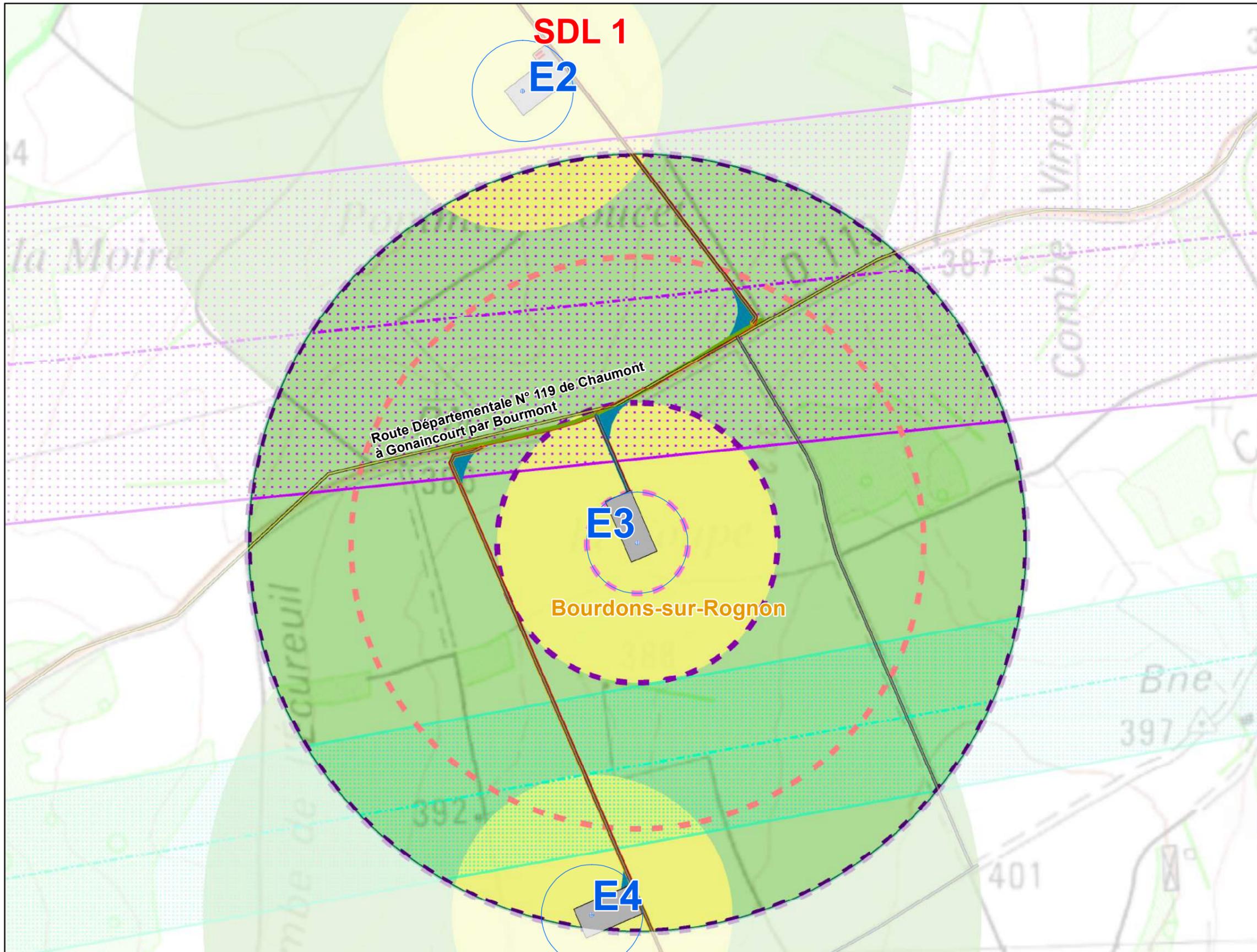
**EDD - Synthèse des risques
Eolienne E2**

CARTE N°	03139D2841-01
FORMAT	A3
ECHELLE	1:5 000
COORDS	L93
DATE	29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.

RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
Z.I. DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01





- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - Accès à améliorer
 - Accès à créer
 - Virage à créer
 - Accès existant
 - Passage de câble
- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne

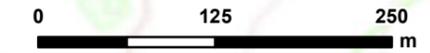
- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable
- Infrastructures**
- Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)

- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE) - PT2LH
 - Zone de protection au faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE)
 - Faisceau hertzien Orange/France Télécom
 - Distance de 100m au faisceau hertzien Orange/France Télécom

- Données administratives**
- Limite communale
 - Nom de la commune
- Notes:**
- VOLTAC :** Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.
- AMSR :** Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.
- Sources :** ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable



Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Synthèse des risques Eolienne E3

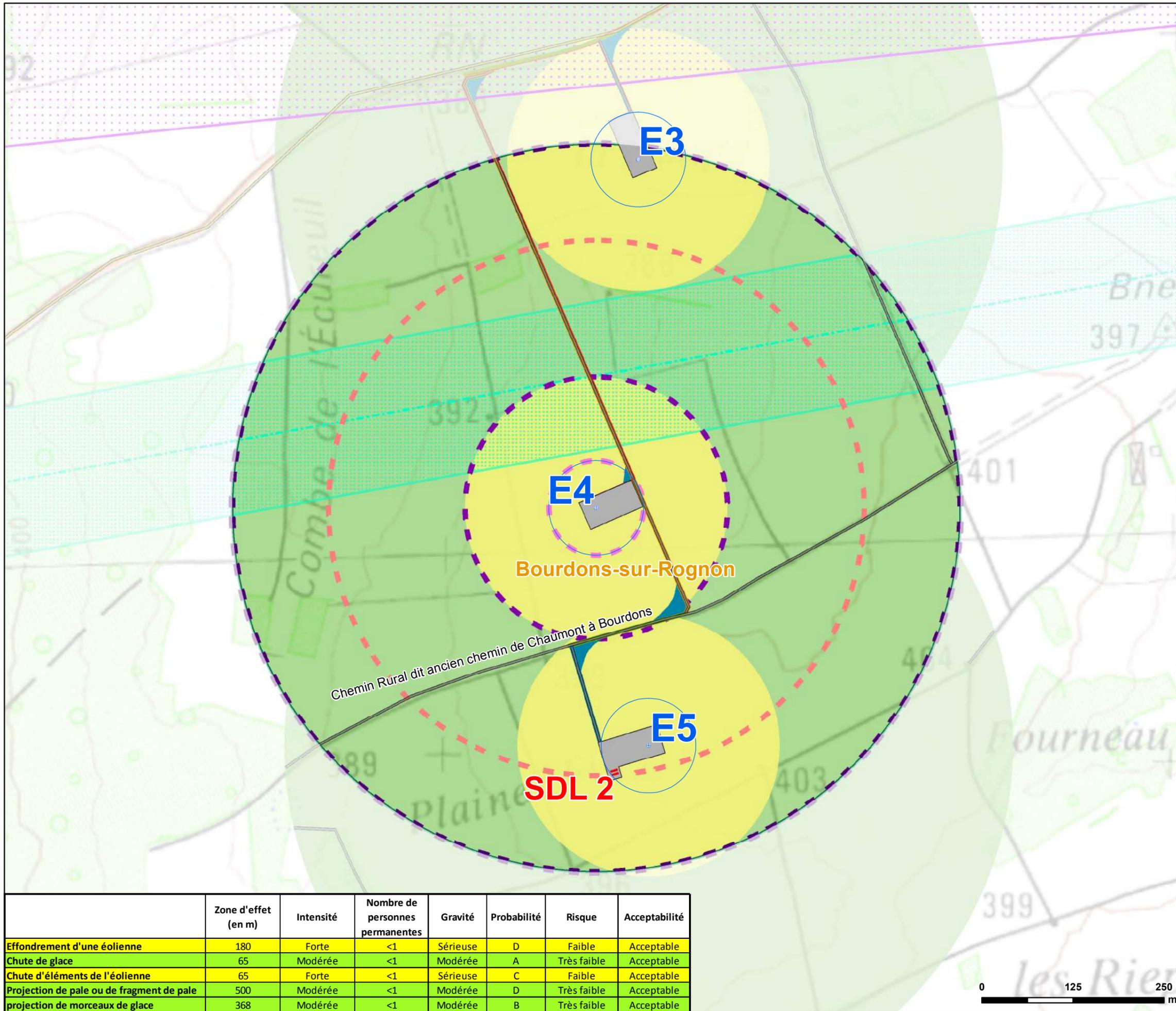
CARTE N° 03139D2842-01

FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.

RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
Z.I. DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01



- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - Accès à améliorer
 - Accès à créer
 - Virage à créer
 - Accès existant
 - Passage de câble
- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne
- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable
- Infrastructures**
- Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Zone de protection au faisceau hertzien du réseau Rubis (DSAE)
 - Faisceau hertzien Orange/France Télécom
 - Distance de 100m au faisceau hertzien Orange/France Télécom
- Données administratives**
- Limite communale
 - Nom de la commune
- Bourdons-sur-Rognon**
- VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.
- AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.
- Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable

Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Synthèse des risques Eolienne E4

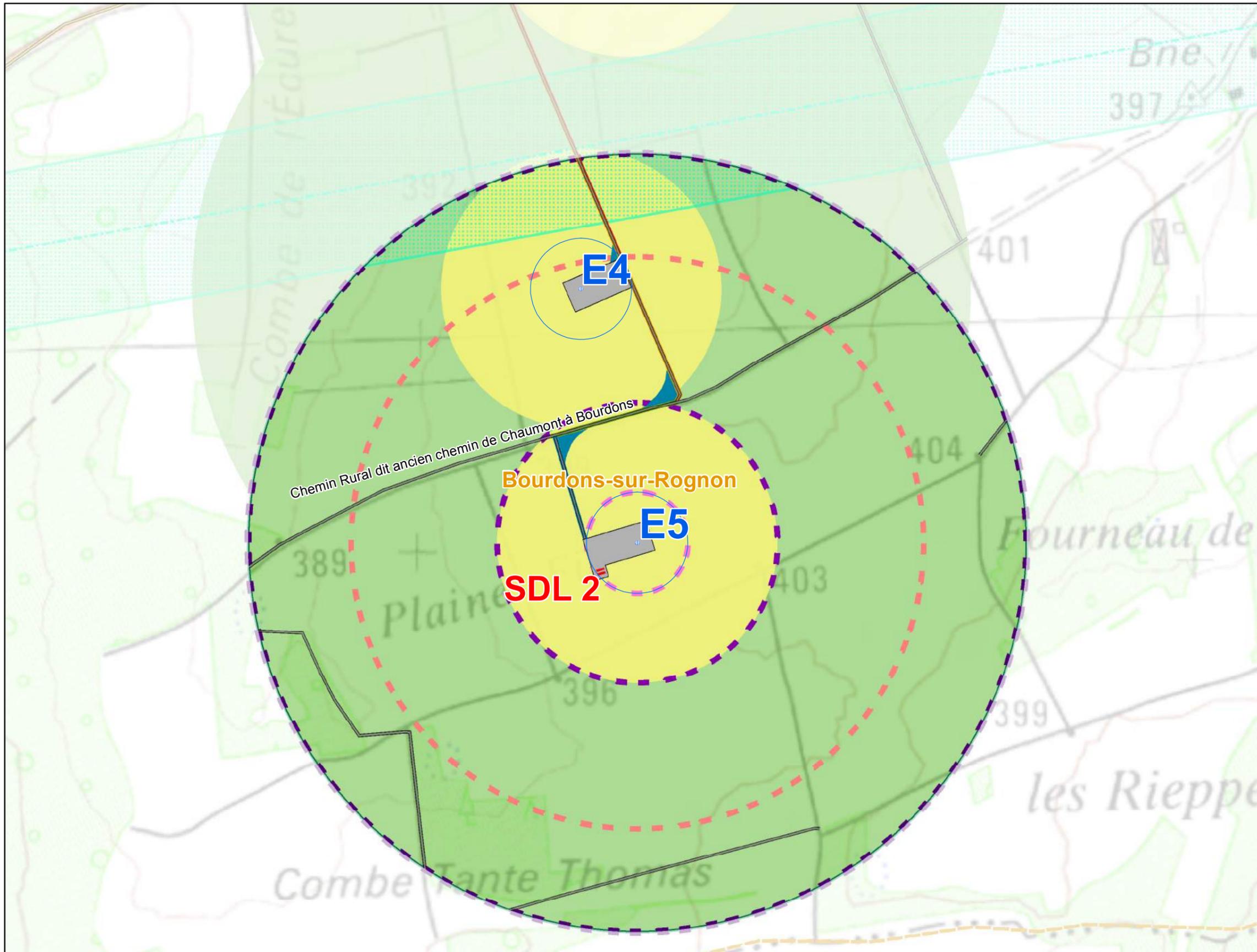
CARTE N° 03139D2843-01

FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.

RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
Z.I. DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01



- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - ⚡ Accès à améliorer
 - ⚡ Accès à créer
 - ⚡ Virage à créer
 - ⚡ Accès existant
 - ⚡ Passage de câble

- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne

- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable

- Infrastructures**
- Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)

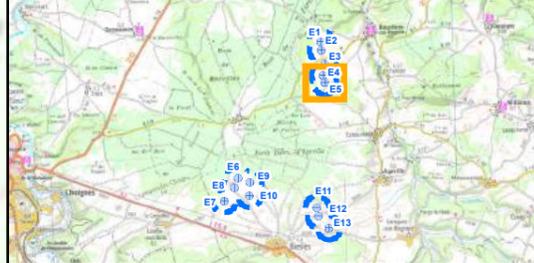
- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Faisceau hertzien Orange/France Télécom
 - Distance de 100m au faisceau hertzien Orange/France Télécom

- Données administratives**
- Limite communale
 - Bourdons-sur-Rognon: Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

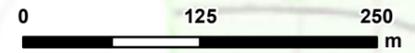
AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable

Esnouveaux



Projet éolien Haut Chemin 2

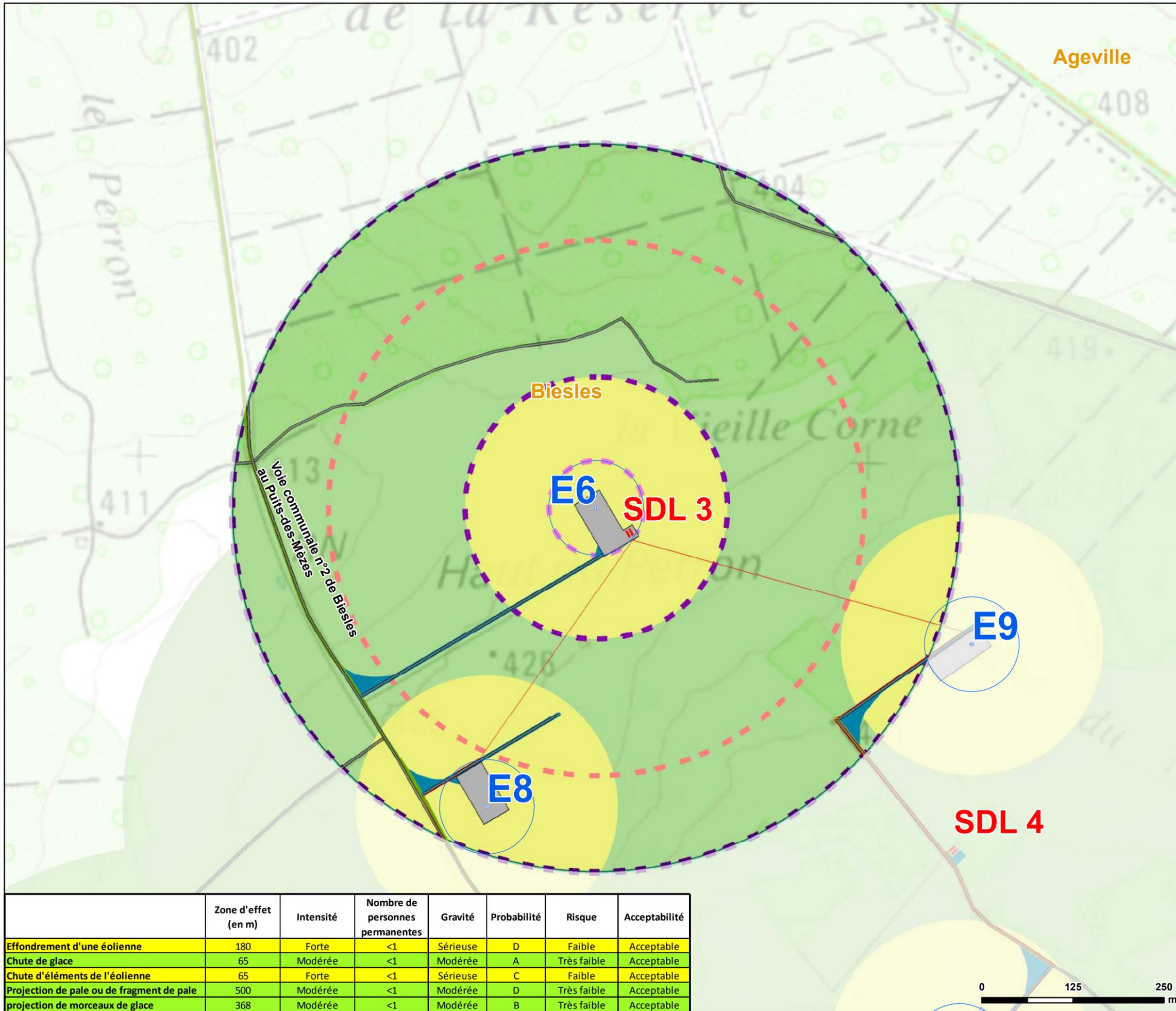
EDD - Synthèse des risques Eolienne E5

CARTE N° 03139D2844-01

FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.



- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - Accès à améliorer
 - Accès à créer
 - Virage à créer
 - Accès existant
 - Passage de câble
- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne
- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable
- Infrastructures**
- Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
- Données administratives**
- Limite communale
- Biesles Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable

Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Synthèse des risques Eolienne E6

CARTE N° 03139D2845-01

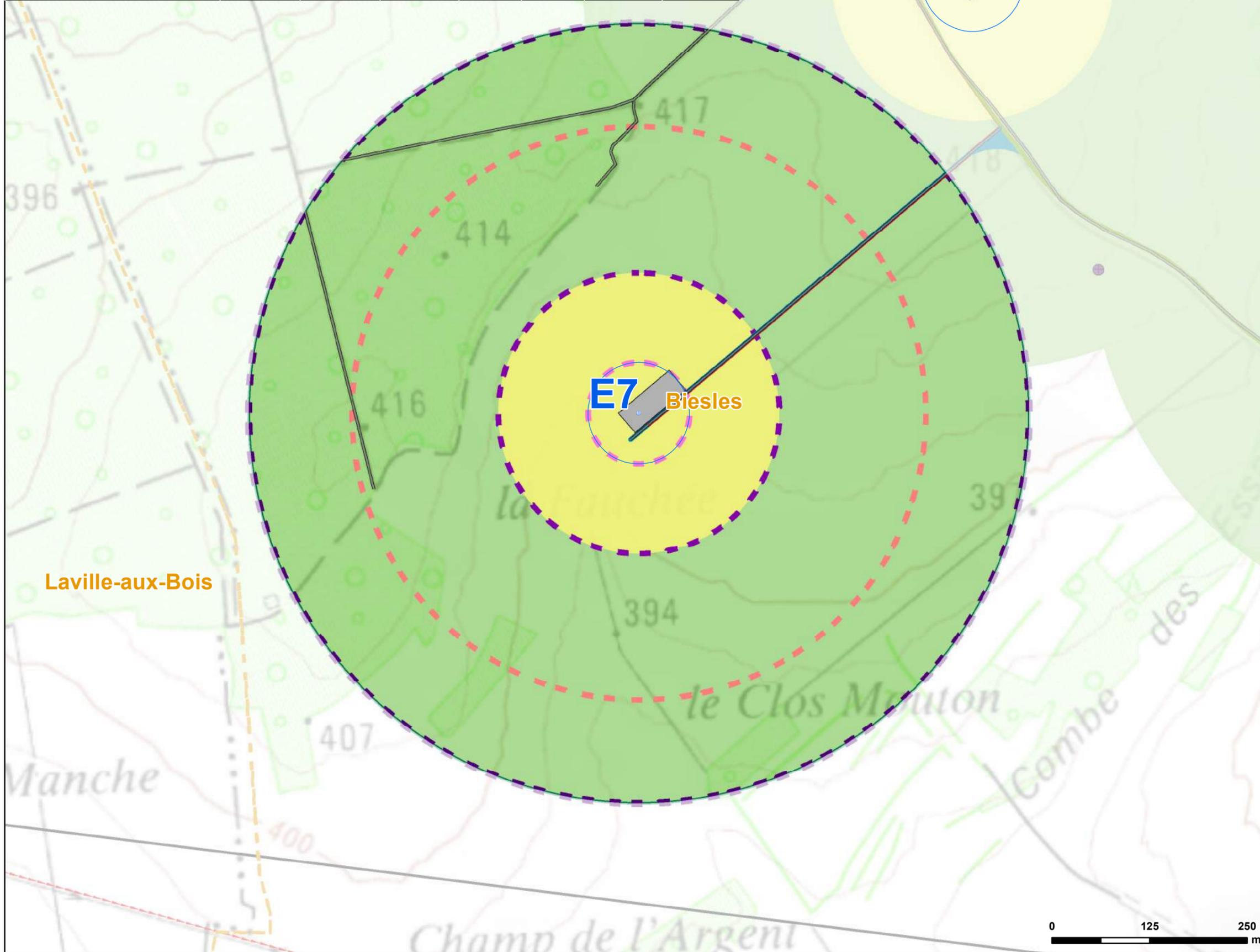
FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.

RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
Z.I. DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01

	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable



Projet

- Eolienne
- Survol
- Structure de livraison (SDL)
- Aire de grutage
- ~ Accès à améliorer
- ~ Accès à créer
- ~ Virage à créer
- ~ Accès existant
- ~ Passage de câble

Périmètres d'analyse des risques

- Périmètre de l'aire d'étude de danger
- Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
- Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
- Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne

Synthèse d'acceptation des risques

- Risque très faible = risque acceptable
- Risque faible = risque acceptable

Parc construit voisin

- Biesles

Infrastructures

Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)

--- Ligne électrique

--- Gazoduc

Données administratives

Limite communale

Laille Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



**Projet éolien
Haut Chemin 2**

**EDD - Synthèse des risques
Eolienne E7**

CARTE N° 03139D2846-01

FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.

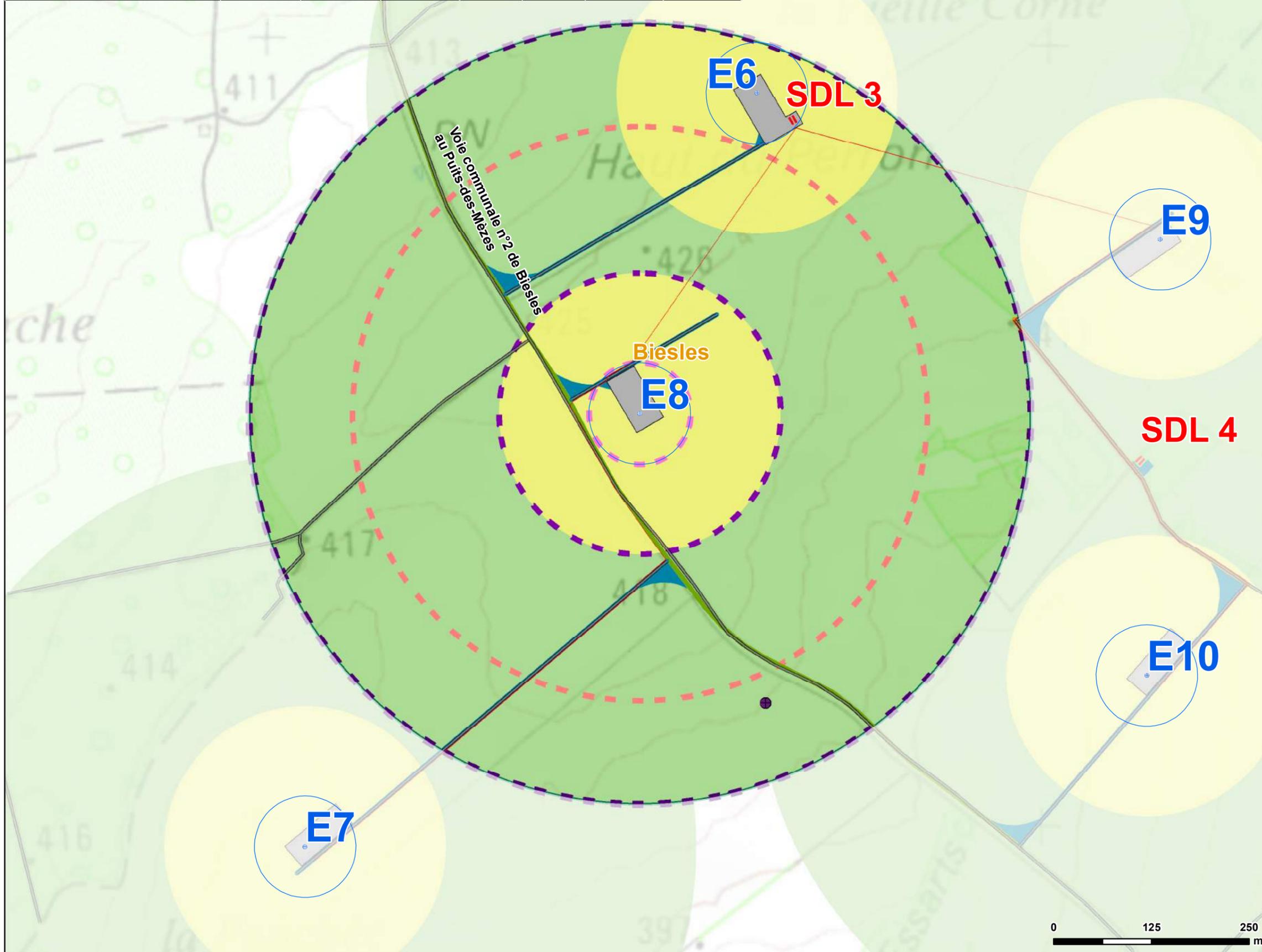


LA FONTAINE
330 RUE DU MOURELET
ZI DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE

TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable

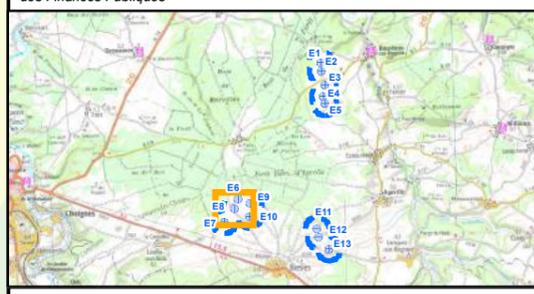


- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - Accès à améliorer
 - Accès à créer
 - Virage à créer
 - Accès existant
 - Passage de câble
- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne
- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable
- Parc construit voisin**
- Biesles
- Infrastructures**
- Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
- Données administratives**
- Limite communale
 - Biesles Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



**Projet éolien
Haut Chemin 2**

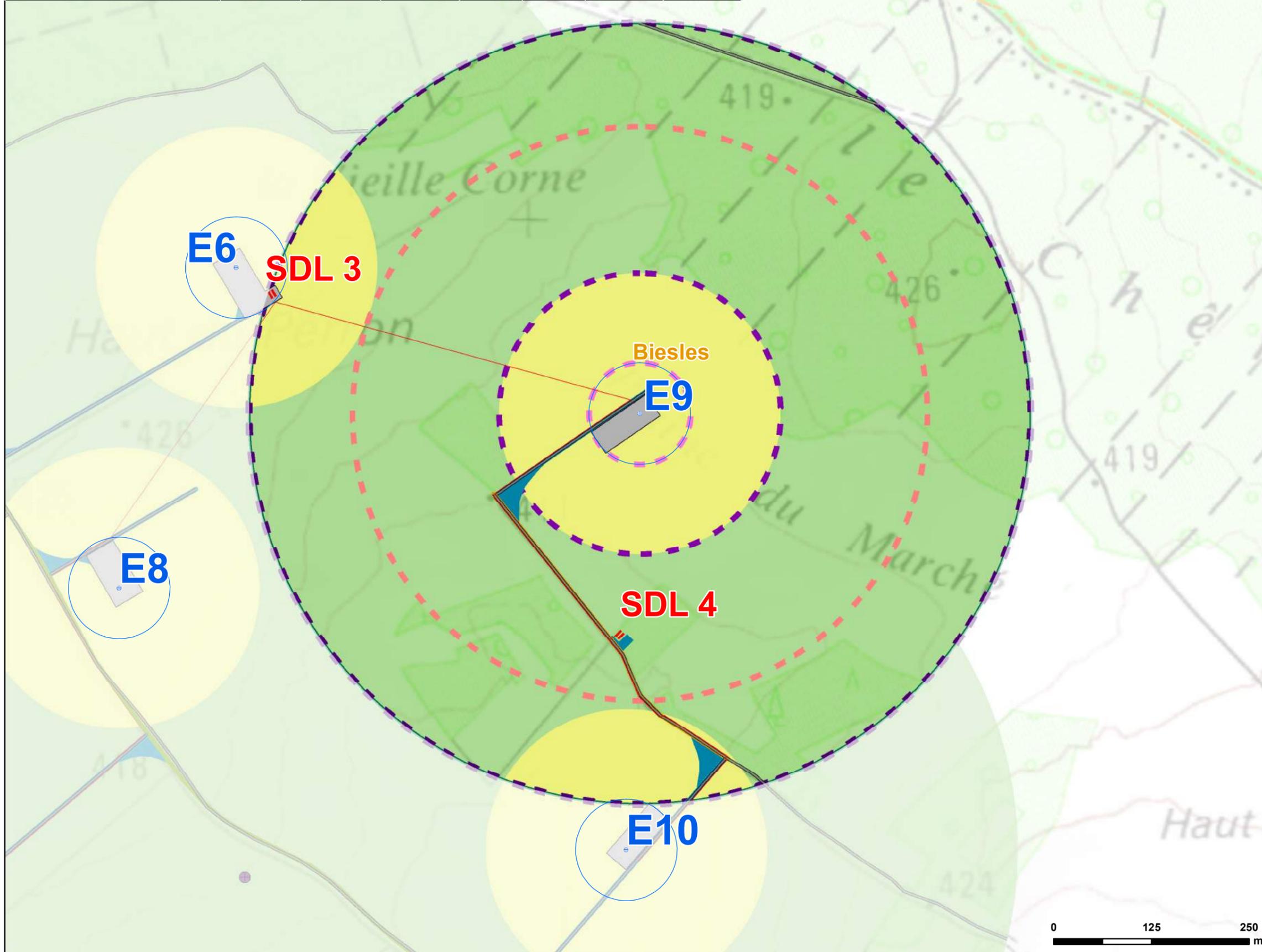
**EDD - Synthèse des risques
Eolienne E8**

CARTE N°	03139D2847-01
FORMAT	A3 ECHELLE 1:5 000
COORDS	L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable

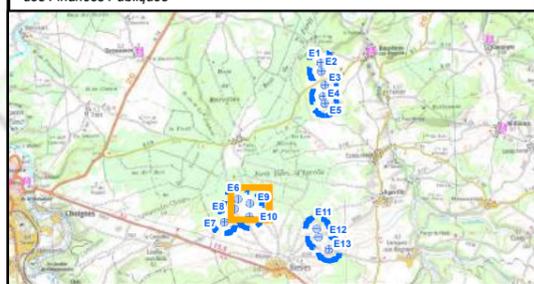


- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - Accès à améliorer
 - Accès à créer
 - Virage à créer
 - Accès existant
 - Passage de câble
- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne
- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable
- Parc construit voisin**
- Biesles
- Infrastructures**
- Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
- Données administratives**
- Limite communale
 - Biesles Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



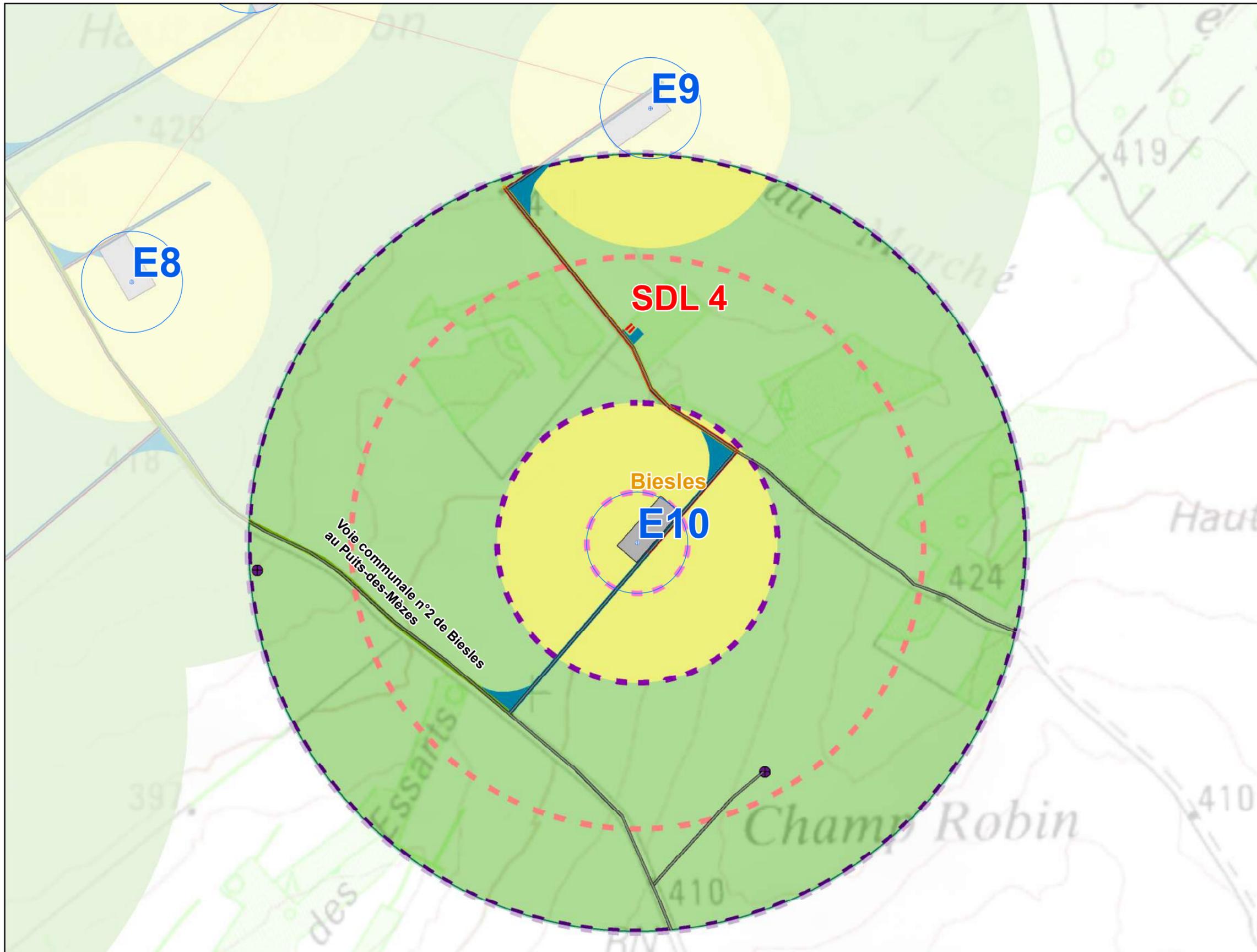
**Projet éolien
Haut Chemin 2**

**EDD - Synthèse des risques
Eolienne E9**

CARTE N°	03139D2848-01
FORMAT	A3
ECHELLE	1:5 000
COORDS	L93
DATE	29/05/2017


 "LA FONTAINE"
 330 RUE DU MOURELET
 Z.I. DE COURTINE
 84000 AVIGNON, FRANCE
 TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
 FAX +33 (0) 4 32 76 03 01





Projet

- Eolienne
- Survol
- Structure de livraison (SDL)
- Aire de grutage
- ↘ Accès à améliorer
- ↘ Accès à créer
- ↻ Virage à créer
- ↘ Accès existant
- ↘ Passage de câble

Périmètres d'analyse des risques

- Périmètre de l'aire d'étude de danger
- Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
- Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
- Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
- Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne

Synthèse d'acceptation des risques

- Risque très faible = risque acceptable
- Risque faible = risque acceptable

Parc construit voisin

- Biesles

Infrastructures

Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)

Données administratives

- Limite communale

Biesles Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



**Projet éolien
Haut Chemin 2**

**EDD - Synthèse des risques
Eolienne E10**

CARTE N° 03139D2849-01

FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

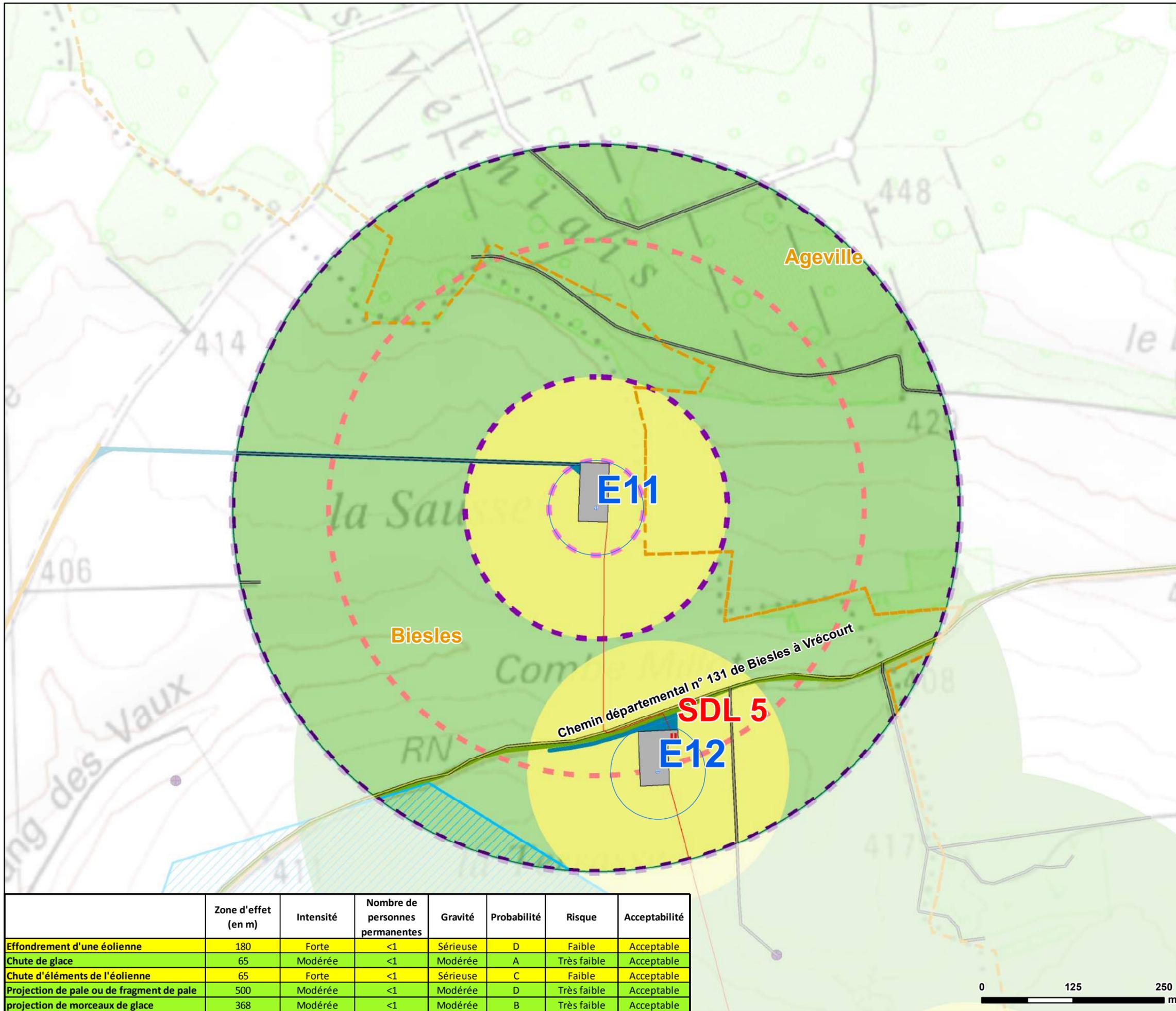
SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.



LA FONTAINE
330 RUE DU MOURELET
Z.I. DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01

	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable





- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - Accès à améliorer
 - Accès à créer
 - Virage à créer
 - Accès existant
 - Passage de câble
- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne
- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable
- Parc construit voisin**
- Biesles
- Infrastructures**
- Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Périmètre de protection éloignée au captage AEP
- Données administratives**
- Limite communale
- Biesles Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable

Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Synthèse des risques Eolienne E11

CARTE N° 03139D2850-01

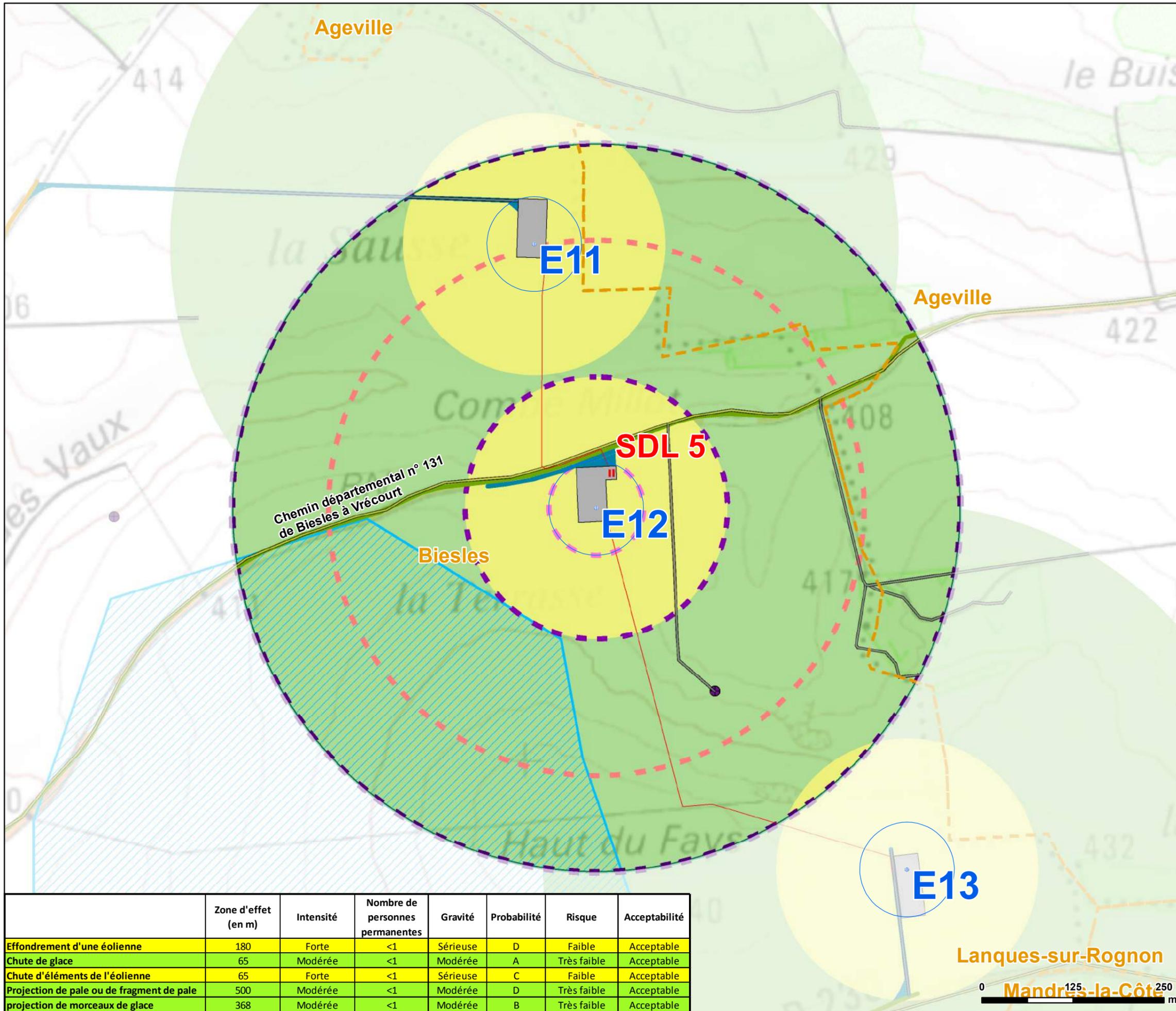
FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.

RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
Z.I. DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01



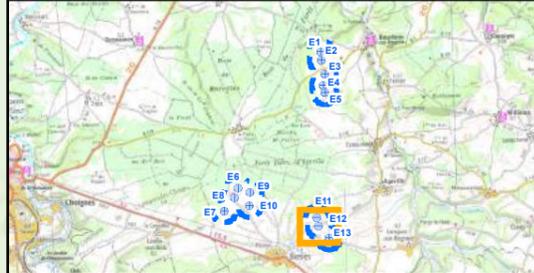


- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - Accès à améliorer
 - Accès à créer
 - Virage à créer
 - Accès existant
 - Passage de câble
- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne
- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable
- Parc construit voisin**
- Biesles
- Infrastructures**
- Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Périmètre de protection éloignée au captage AEP
- Données administratives**
- Limite communale
- Biesles Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN25© IGN, Direction Générale des Finances Publiques



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable

Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Synthèse des risques Eolienne E12

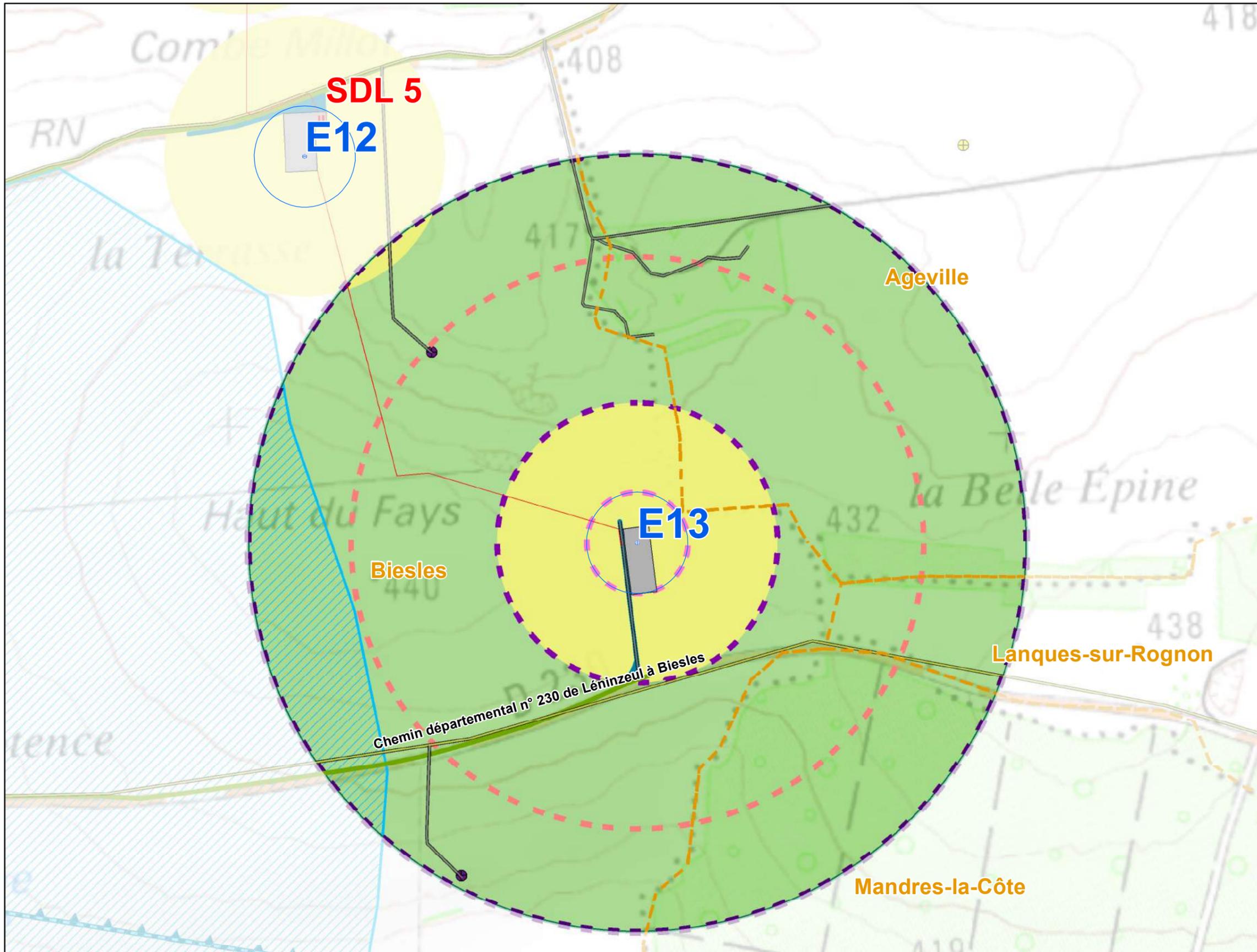
CARTE N° 03139D2851-01

FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN25© et SCAN100© - Copyright IGN
Reproduction interdite.

RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
Z.I. DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01

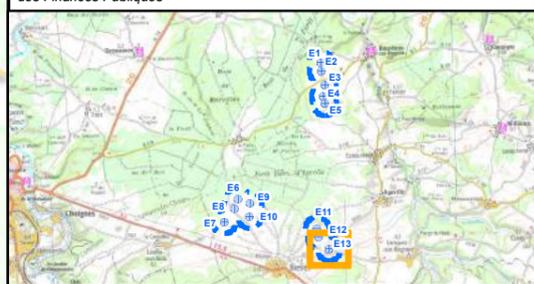


- Projet**
- Eolienne
 - Survol
 - Structure de livraison (SDL)
 - Aire de grutage
 - Accès à améliorer
 - Accès à créer
 - Virage à créer
 - Accès existant
 - Passage de câble
- Périmètres d'analyse des risques**
- Périmètre de l'aire d'étude de danger
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de pale ou de fragment
 - Périmètre d'analyse du risque de projection de glace
 - Périmètre d'analyse du risque d'effondrement de l'éolienne
 - Périmètre d'analyse du risque de chute et d'éléments de l'éolienne
- Synthèse d'acceptation des risques**
- Risque très faible = risque acceptable
 - Risque faible = risque acceptable
- Parcs éoliens en service à proximité**
- Haut Chemin 1
 - Biesles
- Infrastructures**
- Route départementale non structurante (<2000 véhicules/jour)
 - Chemin rural ou voie communale non structurant dans le périmètre de l'aire d'étude de danger (<2000 véhicules/jour)
- Servitude aéronautique**
- VOLTAC
- Autres infrastructures et protections réglementaires**
- Périmètre de protection éloignée au captage AEP
- Données administratives**
- Limite communale
 - Biesles Nom de la commune

VOLTAC : Le projet Haut Chemin 2 est situé sous la zone VOLTAC 4. Comme tout projet éolien, le projet Haut Chemin 2 sera soumis à consultation du ministère de la défense afin de s'assurer de la compatibilité du projet avec cette zone d'entraînement.

AMSR : Le projet est situé sous le secteur 3500ft de l'AMSR de Bâle Mulhouse. Celui-ci n'est pas contraignant pour le développement du projet éolien.

Sources : ERDF, OpenStreetMap, ARS Champagne-Ardenne, Orange/France Télécom, SANDRE, DGAC, DIRCAM, DSAE, DDT, numérisation du SCAN250 IGN, Direction Générale des Finances Publiques



	Zone d'effet (en m)	Intensité	Nombre de personnes permanentes	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement d'une éolienne	180	Forte	<1	Sérieuse	D	Faible	Acceptable
Chute de glace	65	Modérée	<1	Modérée	A	Très faible	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	65	Forte	<1	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale ou de fragment de pale	500	Modérée	<1	Modérée	D	Très faible	Acceptable
projection de morceaux de glace	368	Modérée	<1	Modérée	B	Très faible	Acceptable



Projet éolien Haut Chemin 2

EDD - Synthèse des risques Eolienne E13

CARTE N° 03139D2852-01

FORMAT A3 ECHELLE 1:5 000

COORDS L93 DATE 29/05/2017

SCAN250 et SCAN1000 - Copyright IGN
Reproduction interdite.

RES
"LA FONTAINE"
330 RUE DU MOURELET
ZI DE COURTINE
84000 AVIGNON, FRANCE
TEL +33 (0) 4 32 76 03 00
FAX +33 (0) 4 32 76 03 01

9 CONCLUSION

Aux vues du recensement de l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2016, il apparaît que le risque est limité et qu'aucune victime n'a été à déplorer jusqu'à présent.

Les éoliennes sont aujourd'hui des structures de plus en plus sûres et fiables. Les constructeurs ont su profiter du retour d'expérience pour améliorer leurs technologies et ainsi limiter les risques d'incident et d'accident.

Les principaux accidents pris en compte dans l'étude sont résumés dans le tableau ci-dessous.

<i>Scénario</i>	<i>Gravité</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Niveau de risque</i>	<i>Acceptabilité</i>
Effondrement de l'éolienne (1)	Sérieuse	D (pour des éoliennes récentes) ^[1]	Très faible	Acceptable
Chute de glace (2)	Modérée	A	Faible	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne (3)	Modérée	C	Très faible	Acceptable
Projection de pale (4)	Modérée	D (pour des éoliennes récentes) ^[2]	Très faible	Acceptable
Projection de glace (5)	Modérée	B	Très faible	Acceptable

Pour l'ensemble des phénomènes étudiés sur le projet éolien Haut Chemin 2, le risque est considéré comme acceptable.

^[1] Voir paragraphe 8.2.1

^[2] Voir paragraphe 8.2.4



10 ANNEXES

Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie 3.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie 8).

Terrains non bâtis

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.
- Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...)) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

Voies de circulation

Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes. En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicule/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Voies de circulation automobiles

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m = $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$ personnes.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic											
		Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Trafic (en véhicules/jour)	2 000	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
	3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
	4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
	5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
	40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
	50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
	70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
	80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	

Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

Voies navigables

Compter 0,1 personne permanente par kilomètre exposé et par péniche/jour.

Chemins et voies piétonnes

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

Logements

Pour les logements : compter la moyenne INSEE par logement (par défaut : 2,5 personnes), sauf si les données locales indiquent un autre chiffre.

Etablissements recevant du public (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile).

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontreront peu en pratique.

Zones d'activité

Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie 7 de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courante prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure et Loir	2	2008	Oui	Chute de la pale au sol après une nuit de fort vent	-	Actu-environnement	-
Maintenance	03/08/2013	Moreac	Morbihan	-	-	-	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance. 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	-	Base ARIA	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	-	-	Départ de feu en nacelle à 18h. Suite à l'isolement électrique du parc éolien le feu s'éteint de lui-même à 20h. Le rotor est resté intact mais la nacelle a été détruite, balisage aéronautique inclus. L'aviation civile en a donc été informée. L'éolienne fut par la suite démantelée.	Incident électrique	Base ARIA et presse	-
Chute de pales	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse				Chute d'un rotor et des trois pales au pied de l'éolienne.	« Défaut dans l'arbre primaire à l'origine de la rupture » du rotor et des pales.	Est Républicain	-

PROJET ÉOLIEN Haut Chemin 2
VOLUME 3
ÉTUDE DE DANGERS



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'éléments	07/02/2016	Conilhac-Corbieres	Aude	-	-	-	Rupture et chute au sol de l'aérovein de l'une des pales. Arrêt à distance de l'ensemble du parc suivi d'une campagne de contrôle des pales, aéroveins et chaînes de sécurité de chaque éolienne.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein entraînant l'ouverture de l'aérovein. Rupture de l'axe maintenant l'aérovein à la pale en raison des fortes charges présentes sur le rotor	Base ARIA	
Chute de pale	05/03/2016	Calanhel	Côtes d'Armor		2009		Chute de la pale au sol après une nuit de fort vent. Aucun blessé à déplorer, ni homme ni animaux	-	L'Echo de l'Armor et l'Argoat	-

Annexe 3 – Scénarii génériques issus de l’analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarii étudiés par le groupe de travail technique dans le cadre de l’analyse préliminaire des risques.

Le tableau générique issu de l’analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 8.4. de la trame type de l’étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarii d’accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l’identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarii ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l’analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarii par thématique, en fonction des typologies d’événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d’expérience par le groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarii concernant la glace, « I » pour ceux concernant l’incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d’éléments de l’éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d’effondrement).

Scénarii relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

Scénario G01

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l’aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

Système de détection de glace

Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor

Arrêt préventif en cas de givrage de l’anémomètre.

Note : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d’évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d’éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

Scénarii relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- Déterminer à l'aide de mot clé les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)
- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

L'emballement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...)
- Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques techniques, le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur). Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

- Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entraînant l'arrêt des éoliennes ;
- Basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.

Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

En revanche, en cas de perte de communication pendant une longue durée, le superviseur du parc éolien concerné dispose de plusieurs alternatives dont deux principales :

- Mise en place d'un réseau de communication alternatif temporaire (faisceau hertzien, agent technique local...)
- Mise en place d'un système autonome d'arrêt à distance du parc par le superviseur.

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

Scénarii relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence
- Deux événements peuvent être aggravants :

Écoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.

Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

Scénario F02

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse ... Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

- Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :
- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits
- Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.
- Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

Scénarii relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarii de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

Scénarii relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarii incendies).

Scénario P01

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

Scénario P02

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire)

Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballlement de l'éolienne

Scénarii P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

Scénarii relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E1 à E13)

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant
- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

Annexe 4 – Probabilité d’atteinte et Risque individuel

Le risque individuel encouru par un nouvel arrivant dans la zone d’effet d’un phénomène de projection ou de chute est appréhendé en utilisant la probabilité de l’atteinte par l’élément chutant ou projeté de la zone fréquentée par le nouvel arrivant. Cette probabilité est appelée probabilité d’accident.

Cette probabilité d’accident est le produit de plusieurs probabilités :

P_{accident} = PERC x P_{orientation} x P_{rotation} x P_{atteinte} x P_{présence}

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

P_{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_{présence} = probabilité de présence d’un enjeu donné au point d’impact sachant que l’élément est projeté en ce point donné

Par souci de simplification, la probabilité d’accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l’événement redouté central par le degré d’exposition. Celui-ci est défini comme le ratio entre la surface de l’objet chutant ou projeté et la zone d’effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d’atteinte en fonction de l’événement redouté central.

Évènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d'exposition	Probabilité d'atteinte
Effondrement	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Chute de glace	1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

Les seuls ERC pour lesquels la probabilité d'atteinte n'est pas de classe E sont ceux qui concernent les phénomènes de chutes de glace ou d'éléments dont la zone d'effet est limitée à la zone de survol des pales et où des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

De plus, les zones de survol sont comprises dans l'emprise des baux signés par l'exploitant avec le propriétaire du terrain ou à défaut dans l'emprise des autorisations de survol si la zone de survol s'étend sur plusieurs parcelles. La zone de survol ne peut donc pas faire l'objet de constructions nouvelles pendant l'exploitation de l'éolienne.

Annexe 5 –Glossaire

Les définitions ci-dessous sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010. Ces définitions sont couramment utilisées dans le domaine de l'évaluation des risques en France.

Accident : Evénement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

Cinétique : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être mis à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

Danger : Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » (sont ainsi rattachées à la notion de « danger » les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux, etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible [pneumatique ou potentielle] qui caractérisent le danger).

Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

Événement initiateur : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

Événement redouté central : Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte

de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

Fonction de sécurité : Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Gravité : On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition d'enjeux de vulnérabilités données à ces effets. La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés.

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques : Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.

Intensité des effets d'un phénomène dangereux : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

Mesure de maîtrise des risques (ou barrière de sécurité) : Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux

les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux

les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

Phénomène dangereux : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages »

Potentiel de dangers (ou « source de dangers », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de dangers ») : Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) « danger(s) » ; dans le domaine des risques technologiques, un « potentiel de dangers » correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.

Prévention : Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Protection : Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant.

Probabilité d'occurrence : Au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

Réduction du risque : Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :

Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité

Réduction de l'intensité :

par action sur l'élément porteur de dangers (ou potentiel de dangers), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.

réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation

La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».

Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

Risque : « Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73), « Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51).

Scénario d'accident (majeur) : Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarii peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarii qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarii d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques) : Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement :

Aérogénérateur : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur

Survitesse : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Énergies Renouvelables

FEE : France Énergie Éolienne

INERIS : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées

L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011

NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006

Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003

Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne

Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.

Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

**Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R.,
Leteurtrais J.-P. - juillet 2004**

**Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. -
DEWI, avril 2003**

**Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University
College, novembre 2005**



RES S.A.S.

330 rue du Mourelet - ZI de Courtine

84000 Avignon

Tél. 04 32 76 03 00 Fax. 04 32 76 03 01

info.france@res-group.com

