

DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

Projet éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie

PIECE N° 6 :
ETUDE DE DANGERS ET SON RESUME NON-TECHNIQUE

- Février 2022 -



Suivi du document

Maitrise des enregistrements / Référence du document :

Référence	Versions
03_VOLTALIA_Beaune_Allier_6_EtudeDeDangers_RNT_v0.1	Versions < 1 (0.1, 0.2, ...) versions de travail Version 1 : version du document à déposer Versions >1 : modifications ultérieures du document

Evolutions du document :

Version	Date	Rédacteur(s)	Vérificateur(s)	Modification(s)
0.1	11/02/2022	CJ	LR	Modifications diverses
1	16/02/2022	CJ	LR	

Intervenants :

		Initiales	Société
Rédacteur (s) du document :	Camille JEANNEAU	CJ	SYNERGIS ENVIRONNEMENT
Vérificateur (s) :	Lucien RICHARD	LR	VOLTALIA

Contact :

Société	
Personne référente :	
Adresse :	
Contact :	Tel fixe :
	Tel mobile :
	E-mail :



Lucien RICHARD
Chef de projets

45 impasse de la Draille
Parc de la Duranne
13100 AIX EN PROVENCE

/

06.38.70.92.60

l.richard@voltage.com

Il est rappelé que l'étude de dangers, élément clé de la politique de prévention des risques technologiques, est réalisée sous la responsabilité de l'exploitant qui est responsable de son contenu. Synergis Environnement ne pourra être tenu responsable d'éléments du dossier insérés à la demande de l'exploitant. En conséquence, Synergis Environnement ne pourra être tenu responsable de dangers, d'erreurs ou d'inconvénients sur lesquels l'attention de l'exploitant a été clairement attirée. L'exploitant est le seul responsable et décisionnaire des choix des procédés et procédures contre les dangers ou inconvénients pour lesquels son attention a été clairement attirée. L'exploitant validera les scénarios retenus dans l'étude de dangers et prendra les dispositions nécessaires pour que les scénarios catastrophiques, non retenus suite à l'analyse des risques préliminaires, n'arrivent pas.











Synergis Environnement se conforme aux dispositions contractuelles définies avec l'exploitant, et dans ce cadre, apporte le concours de ses connaissances et de sa technique à la réalisation de l'étude de dangers. Impact et Environnement déclare en outre que ses conseils, la qualité de son intervention, sont le produit de sa diligence et de sa prudence. Impact et Environnement reconnaît donc avoir un devoir de conseil et d'information des risques. Impact et Environnement s'engage à mettre en œuvre les moyens nécessaires en sa possession pour assurer la disponibilité, la permanence et la qualité du service qu'elle propose et souscrit à ce titre une obligation de moyens. Aucun résultat déterminé n'est donc garanti. Il convient de préciser que la responsabilité d'Impact et Environnement est limitée à la seule faute lourde ou dolosive.

INTRODUCTION

L'objet de ce document est de présenter l'une des pièces constitutives du dossier de Demande d'Autorisation Environnementale du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie** basé sur la commune de BEAUNE D'ALLIER (03) et porté par la société **SAS Beaune d'Allier Eolien Energie**. Cette pièce définie à l'article L.181-25 du code de l'environnement est **l'étude de dangers**.

En effet, la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) a soumis les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de dangers. Dans ce cadre, un guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS (Institut national de l'environnement industriel et risques) et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. Compte tenu de la technologie mise en œuvre dans les parcs éoliens, il apparaissait effectivement possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique, afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans ce guide à l'ensemble des parcs éoliens installés en France. L'INERIS a validé la méthodologie, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ainsi, l'étude de dangers réalisée pour le **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie** s'appuie sur ce guide technique, reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques, en reprenant la trame type qui y est présentée.

Les autres pièces constitutives du dossier de Demande d'Autorisation Environnementale sont présentées indépendamment.

	Pièce n°1 : Description du projet	CERFA N°15964*01 PJ N°46
	Pièce n°2 : La note de présentation non-technique	CERFA N°15964*01 PJ N°7
	Pièce n°3 : Justificatif de maîtrise foncière	CERFA N°15964*01 PJ N°3
	Pièce n°4.1 : L'étude d'impact	CERFA N°15964*01 PJ N°4/52
	Pièce n°4.2 : Le Résumé Non-Technique de l'étude d'impact	CERFA N°15964*01 ANNEXE PJ N°4
	Pièce n°5.1 : Expertise liée à l'étude d'impact - Etude écologique incluant l'évaluation des incidences Natura 2000	CERFA N°15964*01 ANNEXE PJ N°4
	Pièce n°5.2 : Expertise liée à l'étude d'impact - Etude acoustique	CERFA N°15964*01 ANNEXE PJ N°4
	Pièce n°5.3 : Expertise liée à l'étude d'impact - Etude paysagère	CERFA N°15964*01 ANNEXE PJ N°4
	Pièce n°6 : L'étude de dangers et son Résumé Non-Technique	CERFA N°15964*01 PJ N°46/49
	Pièce n°7 : Capacités techniques et financières	CERFA N°15964*01 PJ N°47/60/68
	Pièce n°8 : Accords et avis consultatifs (Avis DGAC, Météo-France et Défense si nécessaire et disponible, Avis du maire ou président de l'EPCI et des propriétaires pour la remise en l'état du site)	CERFA N°15964*01 PJ N°1/2/48/62/63
	Pièce n°9 : Eléments graphiques et plans règlementaires	CERFA N°15964*01 PJ N°1/2/32/48/66

SOMMAIRE

INTRODUCTION3

SOMMAIRE4

I. RESUME NON-TECHNIQUE5

I.1. L'ÉNERGIE EOLIENNE : POURQUOI ET COMMENT ?5

I.2. PRESENTATION DU PROJET6

I.2.1. Les acteurs du projet.....6

I.3. LE PROJET6

I.3.1. Localisation du projet.....6

I.3.2. Les principales caractéristiques du projet éolien7

I.3.3. Liaisons électriques et raccordement au réseau9

I.3.4. La sécurité de l'installation9

I.4. L'ENVIRONNEMENT DU PROJET11

I.5. ANALYSE DES RISQUES.....13

I.5.1. Identification des potentiels de dangers de l'installation.....13

I.5.2. Réduction des potentiels de dangers à la source13

I.5.3. Analyse des retours d'expérience13

I.5.4. Analyse préliminaire des risques.....14

I.6. ANALYSE DÉTAILLÉE DES RISQUES.....16

I.7. CONCLUSION17

II. PREAMBULE20

II.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS20

II.2. CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE20

II.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES.....20

III. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION21

III.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS.....21

III.2. LOCALISATION DU SITE21

I.1. DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE.....21

II. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION23

II.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN23

II.1.1. Zones urbanisées23

II.1.2. Etablissements recevant du public (ERP)24

II.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base24

II.1.4. Autres activités24

II.2. ENVIRONNEMENT NATUREL24

II.2.1. Contexte climatique24

II.2.2. Risques naturels25

II.3. ENVIRONNEMENT MATÉRIEL28

II.3.1. Voies de communication28

II.3.2. Réseaux publics et privés28

II.3.3. Autres ouvrages publics28

II.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE.....28

III. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION32

III.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION32

III.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien32

III.1.2. Activité de l'installation.....33

III.1.3. Composition de l'installation33

III.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....35

III.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur.....35

III.2.2. Sécurité de l'installation – Conformité aux prescriptions de l'Arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié35

III.3. MOYENS DE SUIVI, DE SURVEILLANCE ET D'INTERVENTION PREVUS38

III.3.1. Organisation du suivi et de la surveillance prévus38

III.3.2. Moyens d'intervention en cas d'incident et d'accident38

III.3.3. Opérations de maintenance de l'installation40

III.3.4. Stockage et flux de produits dangereux.....40

III.3.5. Autres réseaux40

IV. RACCORDEMENT ELECTRIQUE ET CONFORMITE41

IV.1. RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE41

IV.2. SÉCURITÉ ET ENGAGEMENT DU PORTEUR DE PROJET44

IV.3. DÉCLARATION DE TRAVAUX ET DECLARATION D'INTENTION DE COMMENCEMENT DE TRAVAUX.....44

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION45

V.1. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS45

V.2. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION45

V.3. RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE45

V.3.1. Principales actions préventives45

V.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles46

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE47

VI.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE47

III.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL48

III.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE49

III.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France49

III.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents49

III.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE.....49

VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES50

VII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES.....50

VII.2. RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES50

VII.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES50

VII.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines50

VII.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels51

VII.4. SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES51

VII.5. EFFETS DOMINOS53

VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ55

VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES58

VIII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES59

VIII.1. RAPPEL DES DÉFINITIONS59

VIII.1.1. Cinétique59

VIII.1.2. Intensité59

VIII.1.3. Gravité59

VIII.1.4. Probabilité.....60

VIII.2. CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS61

VIII.2.1. Projection de pales ou de fragments de pales61

VIII.2.2. Projection de glace.....62

VIII.2.3. Effondrement de l'éolienne63

VIII.2.4. Chute de glace.....64

VIII.2.5. Chute d'éléments de l'éolienne65

VIII.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES67

VIII.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés67

VIII.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques.....67

VIII.3.3. Cartographie des risques.....67

IX. CONCLUSION70

Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne71

Annexe 2 – Détails du comptage de personnes par scénario et par éolienne72

Annexe 3 – Tableau de l'accidentologie française78

Annexe 4 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques88

Annexe 5 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel90

Annexe 6 – Glossaire.....91

Annexe 7 – Bibliographie et références utilisées.....93

I. RESUME NON-TECHNIQUE

I.1. L'ENERGIE EOLIENNE : POURQUOI ET COMMENT ?

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 fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident 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.

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

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 danger
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers
- réduction des potentiels de danger
- 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 scénarios en termes 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 des 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.

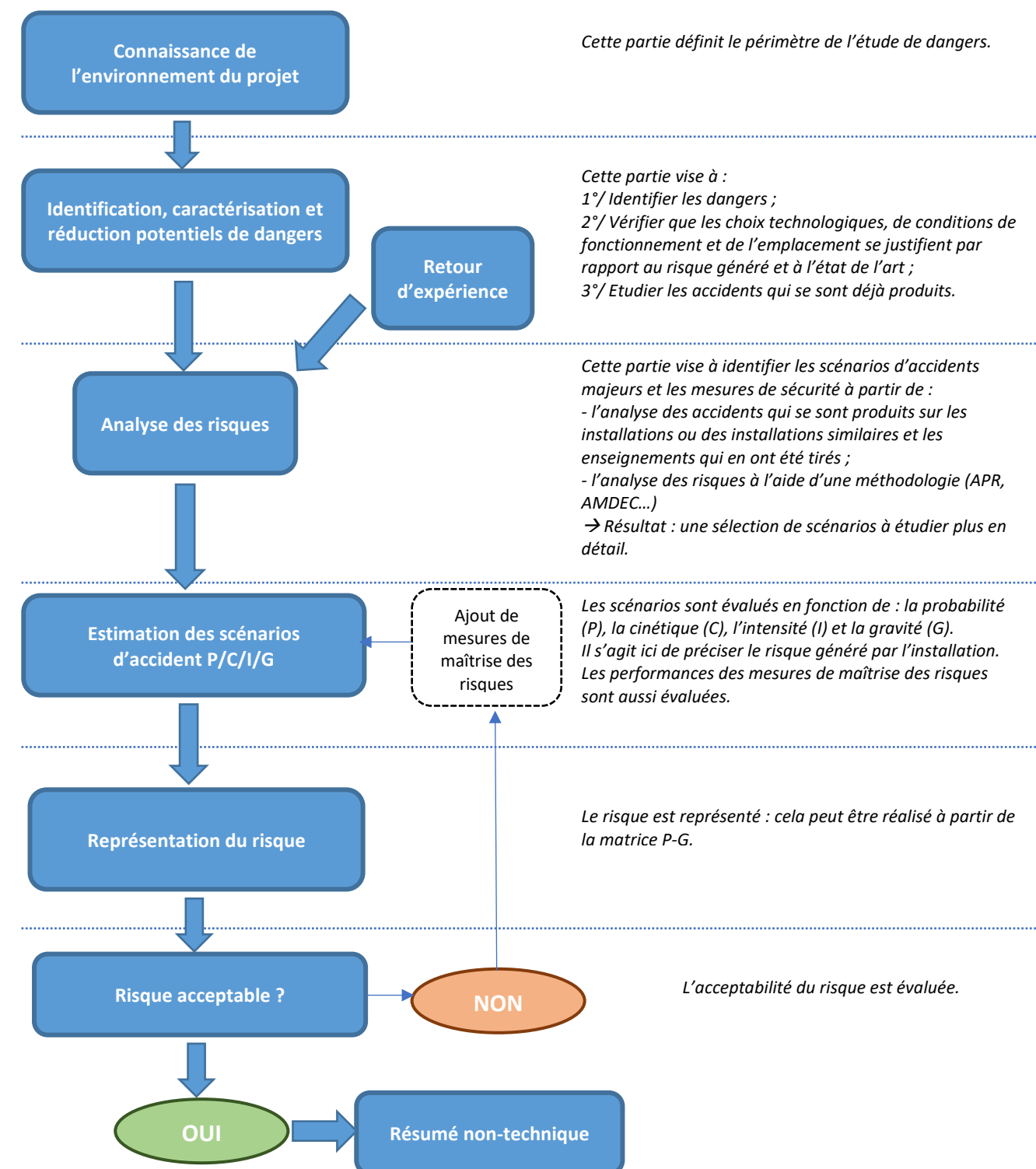


Figure 1 : Méthode de l'étude de dangers éolienne (Source : INERIS)

I.2. PRESENTATION DU PROJET

I.2.1. LES ACTEURS DU PROJET

Le développement de ce projet est mené par la société **SAS Beaune d'Allier Eolien Energie**. Cette société a été créée spécifiquement pour ce projet par le groupe VOLTALIA.

Fondé en 2005, VOLTALIA est un producteur d'énergie et prestataire de services dans la production d'électricité renouvelable à partir des énergies solaire, éolienne, hydroélectrique et biomasse.

En tant qu'acteur industriel intégré, VOLTALIA a développé une forte expertise tout au long de la chaîne de valeur d'un projet d'énergie renouvelable : développement de projets, financement de projets, ingénierie, fourniture d'équipement, construction et exploitation & maintenance. Le groupe est présent dans 20 pays et dispose d'une capacité d'action mondiale pour ses clients. En France, VOLTALIA exploite une puissance éolienne totale de 52 MW réparti comme suit :

Tableau 1 : Répartition de la capacité éolienne exploitée en France au 30 juin 2019				
Année de mise en exploitation	Département	Communes	Nombre d'éoliennes	Puissance installée (en MW)
2009	31	Saint-Félix du Lauragais	6	10
2010	16	La Faye, La Chèverrie	6	12
2014	86	Adriers	5	10
2015	89	Molinons	5	10
2019	61	Echauffour	5	10
2021 (parc construit, mise en service mi-2021)	89	Sarry, Chatel-Gérard	11	23,1

VOLTALIA exploite également pour le compte de tiers 8,3 MW supplémentaire sur la commune de Saint-Félix-du-Lauragais. Un autre projet, d'une puissance de 23,1 MW situé à Sarry et Chatel-Gérard dans l'Yonne est actuellement construit, sa mise en service est prévue Mi-2021. Ces parcs en exploitation et ces projets sont localisés sur la carte suivante :

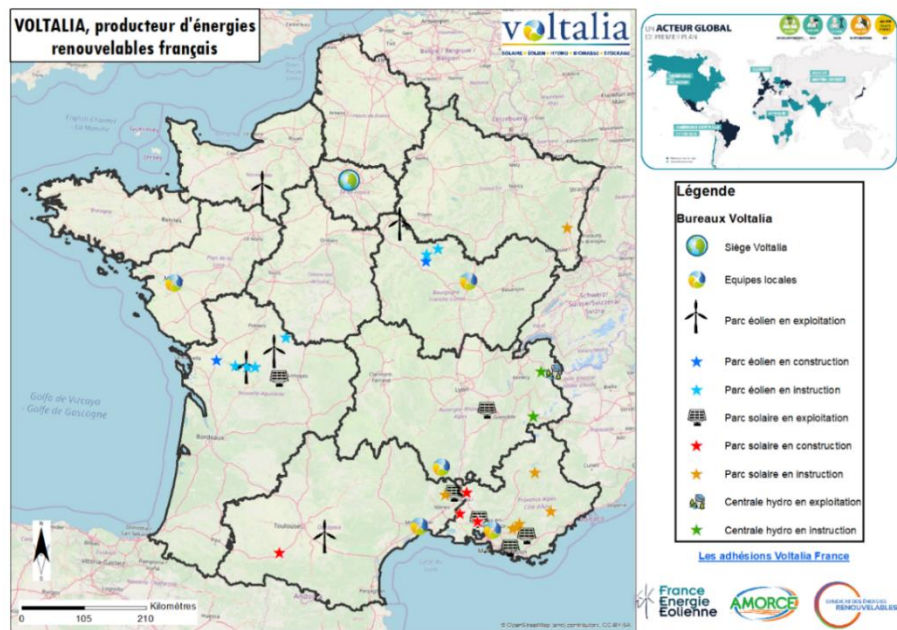


Figure 2 : Répartition des projets de VOLTALIA en exploitation, construction et en Instruction en France

Pour réaliser ce projet, VOLTALIA s'est entouré de divers partenaires techniques et experts (Cf. Figure 1 : Les experts consultés pour le développement du projet).

VOLTALIA, propriétaire du parc, disposera des garanties financières demandées. De plus, conformément à la réglementation en vigueur, des garanties financières seront constituées dès la construction du parc par l'exploitant afin d'assurer la remise en état du site après exploitation (150 000 à 180 000 € pour l'ensemble du parc, à actualisé tous les cinq ans).

I.3. LE PROJET

I.3.1. LOCALISATION DU PROJET

Le **projet éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie** se localise sur la commune de BEAUNE-D'ALLIER appartenant à la communauté de communes de Commentry Montmarault Nérès. Cette commune se positionne à la limite Sud du département de l'Allier, en région Auvergne-Rhône-Alpes, entre BOURGES et CLERMONT-FERRAND et à une vingtaine de kilomètres au Sud-Est de MONTLUCON. Le site d'implantation présentant les potentialités techniques nécessaires à la mise en place d'éolienne se positionne plus précisément sur un petit promontoire marquant les prémices du Massif central et la ligne de démarcation des eaux des bassins versants du Chère et de la Sioule s'écoulant respectivement à l'Ouest et à l'Est.

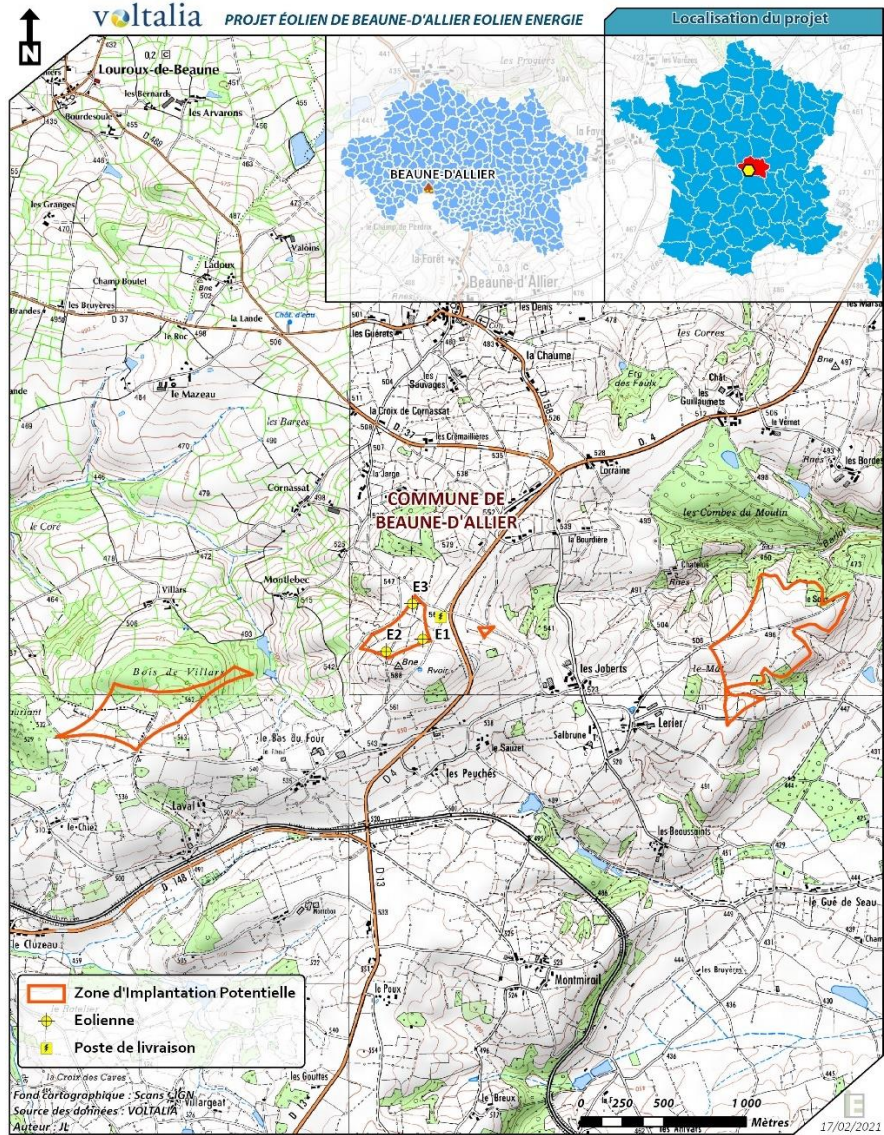


Figure 3 : Localisation du projet éolien

Les principaux chiffres du projet sont détaillés ci-dessous. Les caractéristiques générales du modèle d'éoliennes retenues pour la réalisation de l'étude sont présentées sur la page suivante.

Nombre d'éoliennes :

3

Nombre de poste de livraison :

1

Puissance totale (en MW) :

6 à 9

Hauteur en bout de pale (en m) :

133

I.3.2. LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET ÉOLIEN

Le choix du modèle précis d'éoliennes qui sera installé sur ce parc éolien ne sera réalisé qu'une fois l'ensemble des autorisations nécessaires obtenues. Cela permettra de garantir le principe de mise en concurrence des fabricants d'éoliennes et de retenir, au moment de la construction du parc éolien, le modèle d'éoliennes le plus adapté aux conditions du site et le plus performant. Deux modèles ont été retenue à titre indicatif. Ces modèles sont les suivant :

- VESTAS V100 de 2 MW,
- GENERAL ELECTRIC GE103 de 3 MW.

Un gabarit-type a été définit pour les éoliennes qui seront mises en place dans le cadre du projet. Les caractéristiques de ce gabarit ont été définies en croisant les dimensions maximisantes des deux modèles d'éolienne sélectionnés. Ce gabarit-type, qui repose essentiellement sur les caractéristiques techniques de l'éolienne GE103 de GENERAL ELECTRIC, disposera hypothétiquement d'une puissance unitaire de 3 MW, d'un diamètre de rotor de 103 m et d'une hauteur en bout de pale de 133 m maximum. Il s'agit ici de caractéristiques majorantes qui permettent de se placer dans le cas du scénario le plus pénalisant.

Tableau 2 : Description des différents éléments constitutifs du gabarit-type des éoliennes prévus

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques du gabarit-type retenue
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Structure : Plastique renforcé en fibres de verre et fibres de carbone Nombre de pales : 3 Diamètre du rotor : 100 à 103 m Surface balayée : 7 854 à 8 332 m² Type et sens de rotation : Orientation active des pales face au vent avec sens de rotation horaire
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	Hauteur en haut de moyeu : entre 81,5 et 83 m Générateur asynchrone (avec multiplicateur) Système de régulation déterminant l'angle des pales Frein principal de type aérodynamique (orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours) et frein auxiliaire mécanique (frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide) Tension dans les armoires électriques : Entre 0 et 1 200 V. Poids : entre 70 et 90 tonnes
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Générateur de type asynchrone Positionnement : Intégré dans la nacelle Tension transformée : 20 000 V
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Structure : Tubulaire acier (3 à 4 sections) Protection contre la corrosion : Revêtement multicouche résine époxy Diamètre de la base : environ 3,5 à 4,3 m Diamètre en haut : environ 2,3 à 3,1 m Hauteur du mât seul : 79,5 à 81 m
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Forme : Circulaire Nature : Béton armé Diamètre total* : 18,10 m Diamètre de la surface émergeant du sol : 6 m Profondeur : 2,8 m Volume de la fondation : 386 m³

* Variable suivant la nature du sol (présence d'eau notamment).

L'installation comprendra aussi un poste de livraison :

Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Nombre de poste de livraison : 1 Tension : 20 000 V Dimension : Longueur 10m / largeur 3m / hauteur 2,6m
--------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

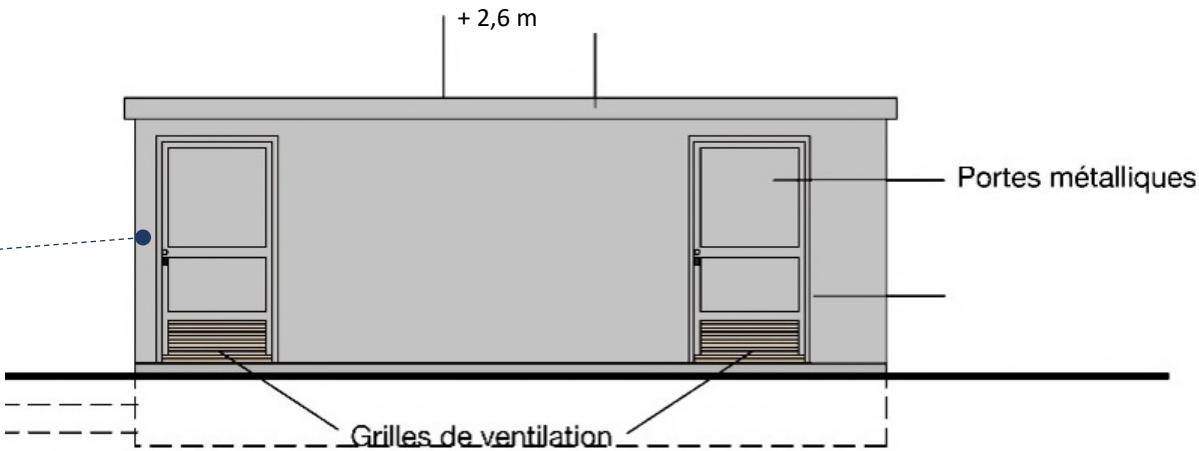


Figure 4 : Exemple d'un poste de livraison (Source : VOLTALIA)

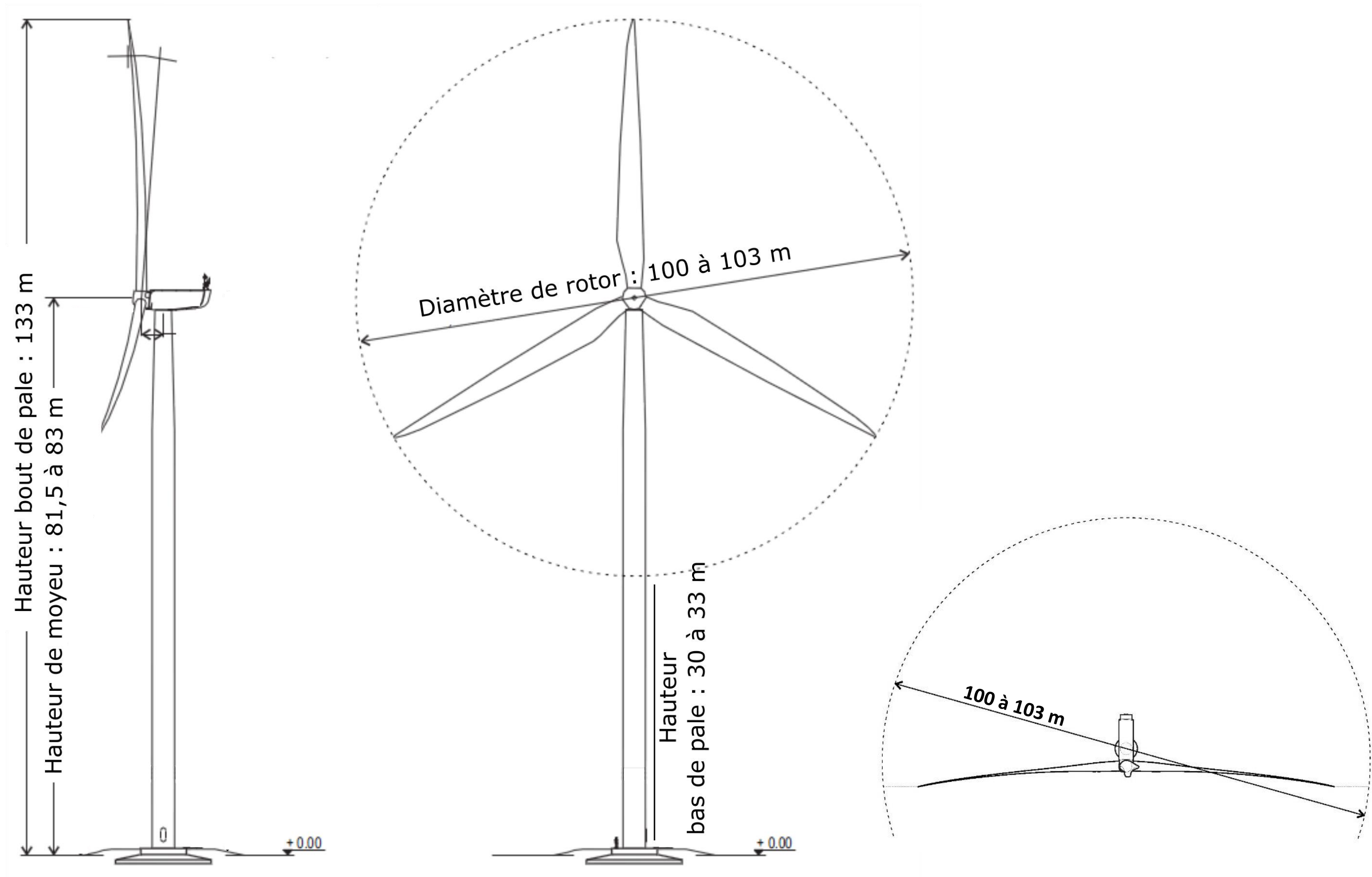
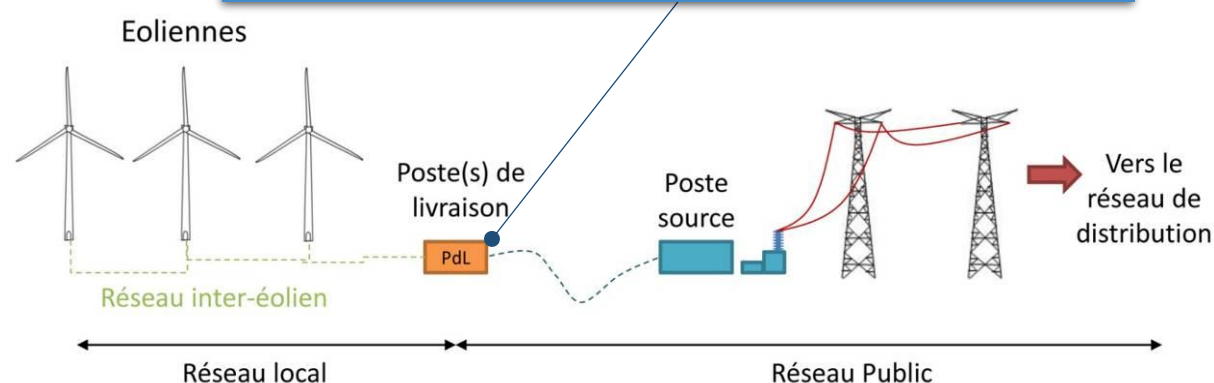


Figure 5 : Plan d'élévation du Gabarit Type - 2/3 MW - 133 m

I.3.3. LIAISONS ÉLECTRIQUES ET RACCORDEMENT AU RÉSEAU

Le **poste de livraison** est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Dans le cas du **projet de Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie**, un poste de livraison sera installé. Il sera implanté à l'entrée du site, à proximité d'un carrefour entre deux chemins communaux et plus particulièrement en bordure de la petite section de chemin d'accès à créer amenant vers le réseau de voiries à créer pour accéder aux éoliennes. Il se situe à plus de 160 m au Nord-Est de E1 et au Sud-Est de E3. Ce poste de livraison sera muni d'une plateforme stabilisée de 127 m².



Le **réseau électrique inter-éolien** (ou réseau électrique interne) permet d'acheminer l'électricité produite en sortie d'éolienne vers les postes de livraison électrique en 20 000 V. Les liaisons électriques souterraines seront constituées de trois câbles en cuivre ou aluminium pour le transport de l'électricité, d'un ruban de cuivre pour la mise à la terre et d'une gaine PVC avec des fibres optiques qui permettra la communication et la télésurveillance des équipements.

Ces câbles protégés de gaines seront enterrés dans des tranchées de 0,8 à 1,2 mètre de profondeur et de 40 à 60 centimètres de largeur.

Le **réseau électrique externe** relie les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité).

Le réseau externe est réalisé sous maîtrise d'ouvrage du gestionnaire de réseau de transport d'électricité. Il est lui aussi entièrement enterré.

Le raccordement du poste de livraison au poste-source sera assuré par ENEDIS, mais financé par l'exploitant en tant qu'utilisateur de ce réseau. Le tracé et les caractéristiques de l'offre de raccordement seront définis avec précision lors de l'étude détaillée, qui ne pourra être réalisée par ENEDIS qu'après obtention de l'autorisation environnementale. Ainsi, le tracé final et ses modalités de réalisation seront à la seule main du gestionnaire de réseaux. En outre, les études techniques réalisées par ENEDIS définiront les protections électriques à mettre en œuvre au point de raccordement du parc éolien.

A noter que la solution de raccordement actuellement envisagée concerne un raccordement qui s'effectuerait par un câble de 20 000 V enterré environ à 1,10 mètre de profondeur. Le raccordement envisagé pourra se faire sur le poste-source existant de « COMMENTRY » installé sur la commune de COMMENTRY. La capacité d'accueil réservée de ce poste-source est actuellement insuffisante pour accueillir le projet du **Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie**. Des travaux devront donc être réalisés afin de permettre l'accueil de la production électrique du parc éolien.

I.3.4. LA SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

L'installation est équipée de nombreux systèmes de sécurité permettant de limiter tout risque d'accident (capteurs, systèmes de freinage aérodynamique et mécaniques, extincteurs...). L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation (modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021) ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation. Cela concerne notamment :

L'éloignement aux habitations/immeubles habités et zones d'habitations
(art. 3)

Les éoliennes seront toutes situées à plus des 500m de ces éléments. Elles seront aussi situées à plus de 300m des installations nucléaires et ICPE citées dans le présent article.

La protection des radars/aides à la navigation et le balisage aérien
(art. 4 et 11)

Les éoliennes ne perturberont pas de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens. Le balisage de l'installation sera conforme à la réglementation en vigueur.

Les accès aux éoliennes
(art. 7 et 13)

Les voies d'accès seront entretenues et l'accès à l'intérieur des éoliennes fermé à clés.

Les normes
(art. 8)

Les éoliennes prévues sont conformes à la norme NF EN 61 400-1 ou CEI 61 400-1 en vigueur ou toute norme équivalente dans l'Union européenne. En outre l'exploitant dispose des justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation a fait l'objet du contrôle prévu à l'article R.125-17 du code de la construction et de l'habitation.

La protection contre la foudre
(art. 9)

Les éoliennes disposeront de dispositifs permettant la mise à la terre de la foudre et la protection de leurs équipements électroniques.

La conformité des installations électriques
(art. 10)

Les installations électriques internes et externes seront conformes aux normes en vigueur et seront entretenues et maintenues en bon état.

L'affichage de sécurité
(art. 14)

Des panneaux d'information visibles seront installés sur la porte d'entrée des aérogénérateurs et du poste de livraison (risque électrique) ainsi qu'aux abords du parc (risque de chute de glace).

Les procédures d'arrêt et détection en cas de survitesse/incendie/glace
(art. 17, 23, 24 et 25)

Une batterie de capteurs et processus permettront de survenir aux différentes situations de dangers citées.

L'interdiction de stockage de matériaux dangereux
(art. 16)

Les aérogénérateurs seront maintenus propres et aucun matériau, combustible et inflammable ou non n'y sera entreposé.

Le contrôle de l'éolienne et de sa maintenance
(art. 18 et 19)

Une série de contrôle sera effectuée tout au long de l'exploitation du parc lors des différentes interventions de maintenance. Un suivi des interventions sera assuré.

La formation et la sécurité du personnel
(art. 15 et 22)

Le personnel d'intervention sera formé tant du point de vue technique que du point de vue de la sécurité.



Figure 6 : Description de l'installation projetée

I.4. L'ENVIRONNEMENT DU PROJET

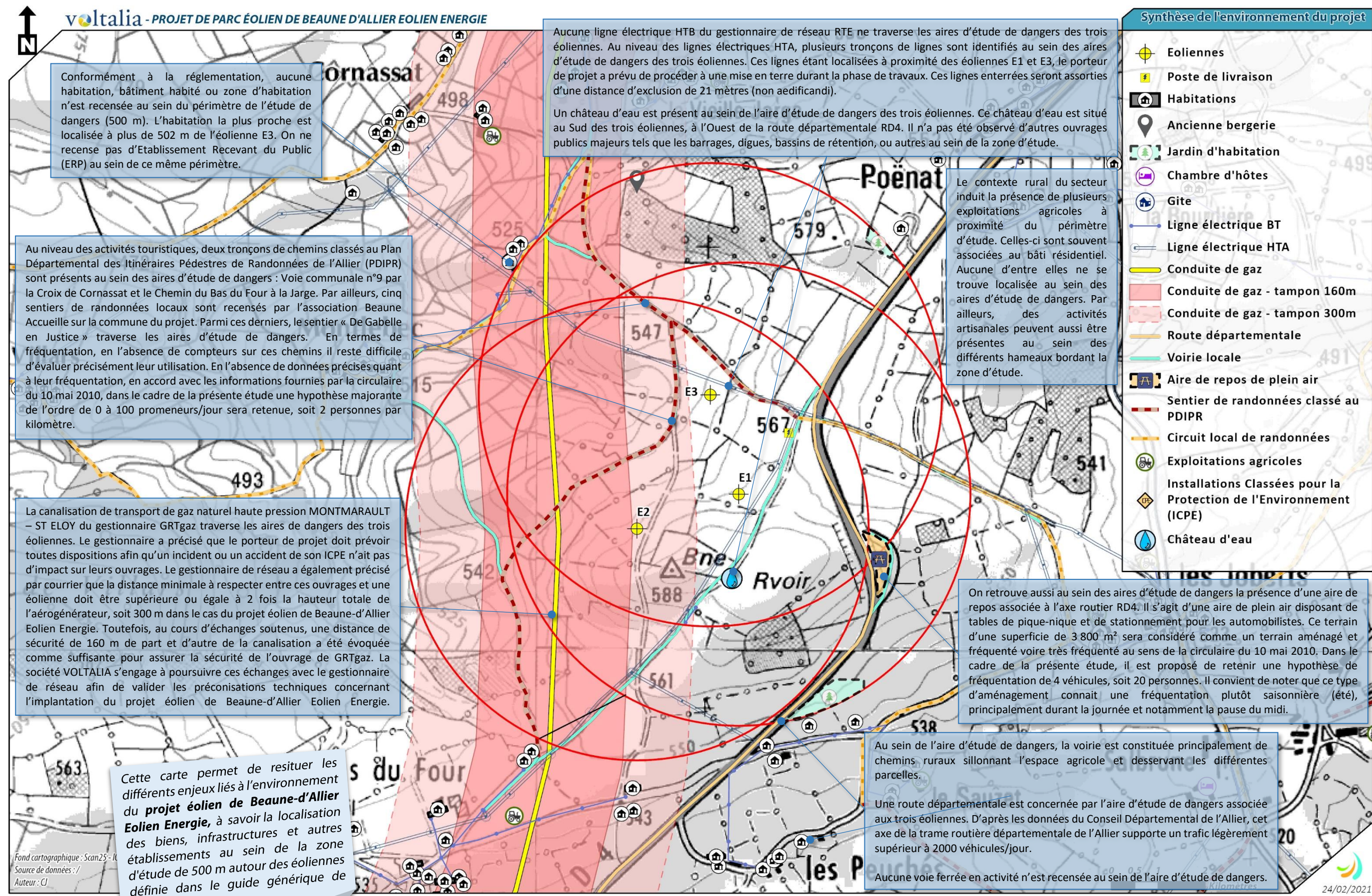


Figure 7 : Synthèse de l'environnement du projet

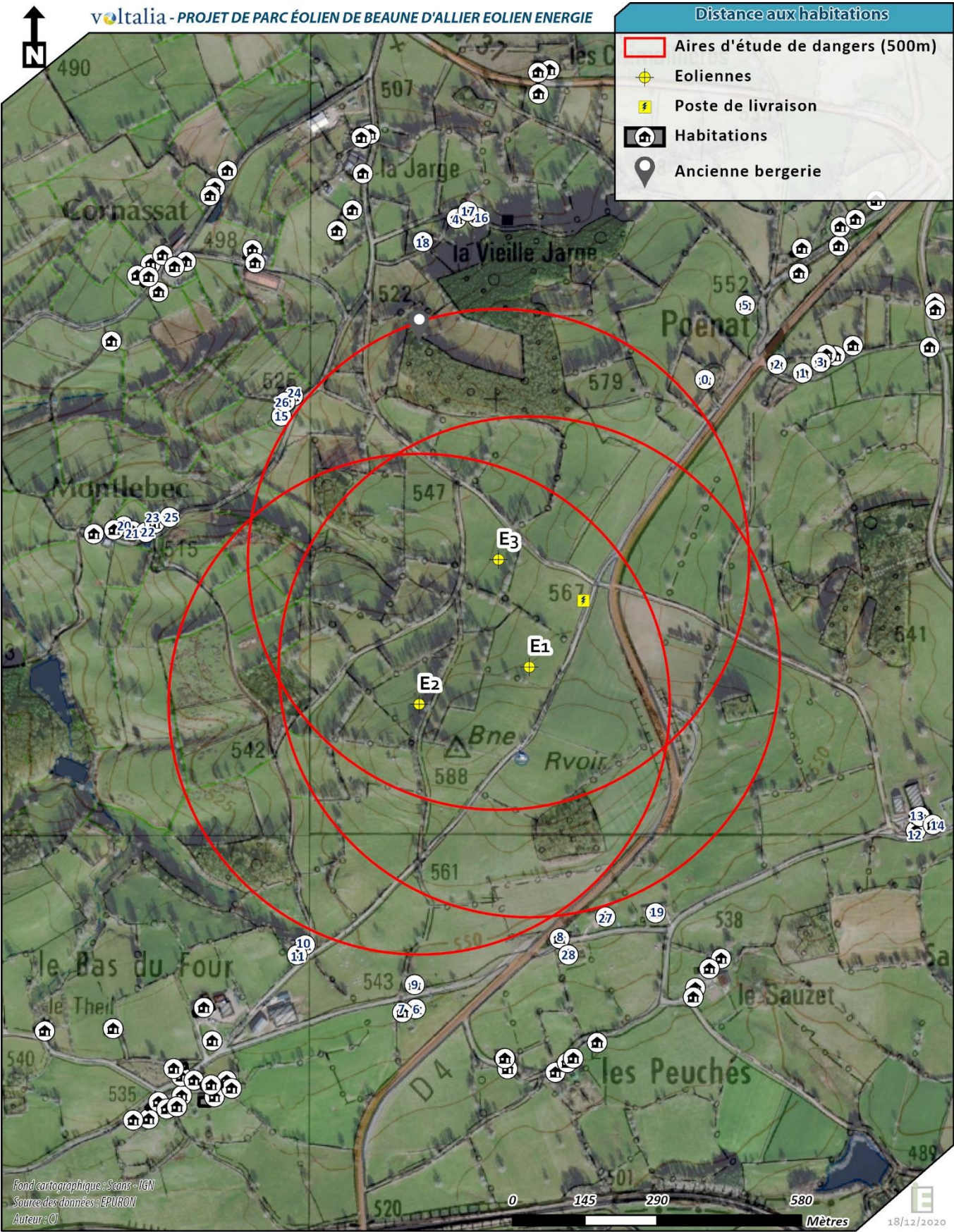


Tableau 3 : Distance entre habitation et éolienne la plus proche

Numéro de l'habitation	Nom de l'éolienne la plus proche	Distance* (m)
0	E3	538,7
1	E3	705,8
2	E3	665,4
3	E3	745,9
4	E3	683,1
5	E3	696,7
6	E2	603,7
7	E2	611,0
8	E1	539,1
9	E2	555,0
10	E2	520,2
11	E2	551,2
12	E1	833,7
13	E1	818,2
14	E1	855,6
15	E3	502,1
16	E3	679,8
17	E3	694,2
18	E3	649,1
19	E1	547,2
20	E2	685,6
21	E2	660,7
22	E2	639,6
23	E2	626,7
24	E3	519,7
25	E2	617,3
26	E3	523,5
27	E1	518,2
28	E2	573,4

*Distance mesurée entre l'angle de l'habitation le plus proche et rayon extérieur du mât (2,15 mètres).

Figure 8 : Carte des distances aux habitations les plus proches

I.5. ANALYSE DES RISQUES

I.5.1. 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, seront traitées dans l'analyse de risques.

I.5.1.1. 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.

Toutefois, comme dans tout parc éolien, des produits seront utilisés pour le bon fonctionnement des installations, leur maintenance et leur entretien. Il s'agit notamment de :

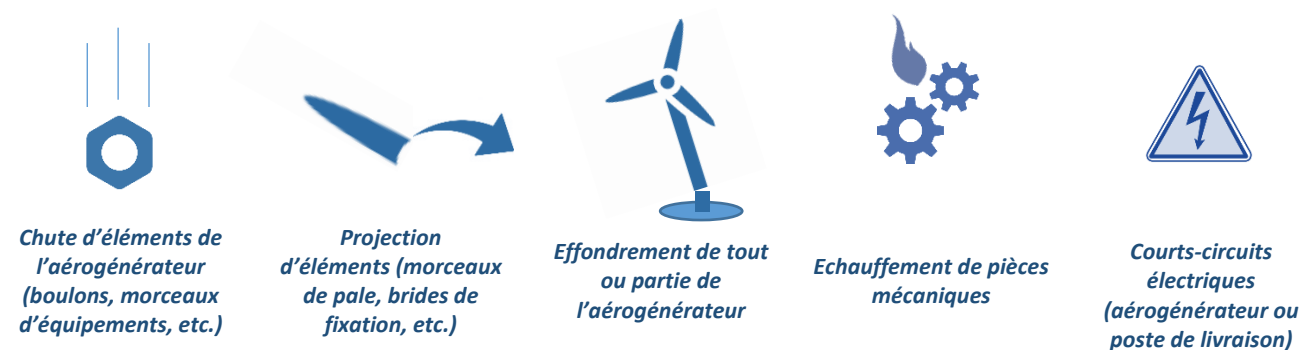
- Produits nécessaires au bon fonctionnement : graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage... Une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien (solvants, dégraissants, nettoyants...) ainsi que les déchets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

Le choix du modèle d'aérogénérateur n'étant pas encore acté, il ne nous est pas possible de lister avec précision l'ensemble des produits concernés. Il s'agit pour la grande majorité de graisses et lubrifiants permettant le bon fonctionnement des machines et qui sont rarement considérés comme substance dangereuse au titre de la Directive Européenne 1999/45/CE.

La nature de ces produits ainsi que leur volume limité rendent le potentiel de danger négligeable, d'autant plus que des mesures sont prévues en cas de pollution et d'incendie (Cf. Fonctions de sécurité N°7 « **Protection et intervention incendie** » et N°8 « **Prévention et rétention des fuites** »). Il est de plus rappelé que, 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.

I.5.1.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du **projet de Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie** sont de cinq types :



I.5.2. RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

Les produits représentant le plus gros volume sont les lubrifiants et huiles qui ne présentent pas de caractère dangereux marqué. Nécessaires au bon fonctionnement des aérogénérateurs, ces produits, dont les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements, ne peuvent être ni diminués en volume ni substitués par d'autres produits. A noter la présence de bacs collecteurs dans les éoliennes permettant de récupérer les écoulements, ainsi que de capteurs alertant en cas de fuite. Les produits de nettoyage de type solvant, dont la dangerosité est plus importante, ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents continuellement sur le site. Les volumes utilisés restent limités.

Pour ce qui est du fonctionnement de l'installation, dans le cadre de la réglementation des ICPE, une distance d'éloignement de 500m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 a été respectée. Cette règle induit de fait une réduction du nombre de personnes potentiellement exposées. Le contexte majoritairement agricole de l'environnement du projet réduit les possibilités de mise en œuvre d'autres actions préventives. Au sein des installations, le danger repose sur la présence de mécanisme en fonctionnement (pièces en rotation) et d'installations électriques. Ces éléments sont essentiels au fonctionnement des éoliennes et ne peuvent être substitués. Il convient toutefois de souligner que des mesures seront mises en œuvre afin de réduire tout risque d'accident (ex : formation du personnel, procédure de maintenance spécifique...). Pour ce projet, la réduction des potentiels de danger à la source sera donc principalement liée au choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de différents systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur.

I.5.3. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrées tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais à une échelle détaillée, elle comporte de nombreuses incertitudes.

I.5.3.1. 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. On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, la puissance installée ayant été multipliée par 20, alors que sur la même période le nombre d'incidents par an est resté quant à lui relativement stable, voire a diminué comparativement au début des années 2000.

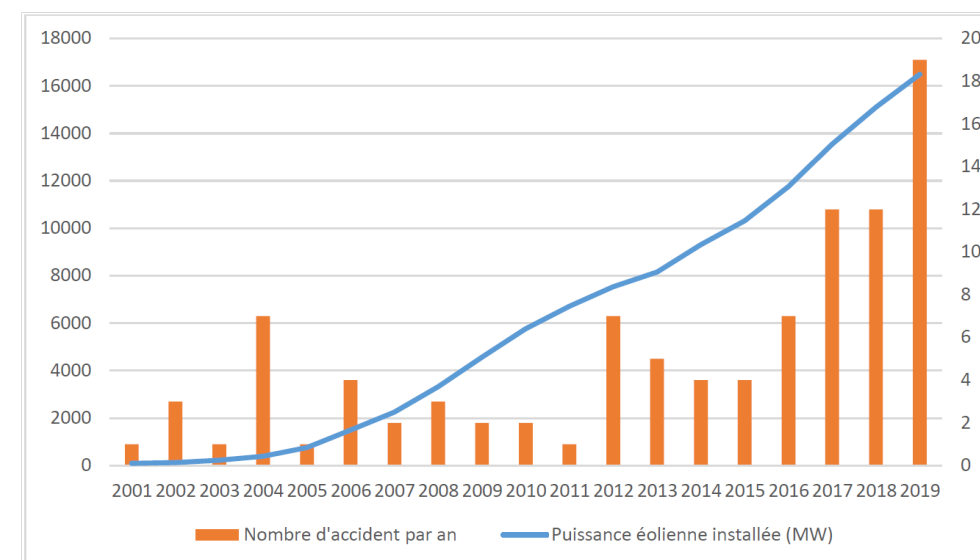


Figure 9 : Evolution comparée de la puissance éolienne installée (MW) et du nombre d'accident par an en France depuis 2001 (Source : INERIS, ARIA)

I.5.3.2. 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 redoutés suivants :

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

I.5.4. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios 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 scénarios d'accidents sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarios d'accidents qui présentent des conséquences limitées, et les scénarios d'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

I.5.4.1. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, certains événements initiateurs (ou agressions externes) sont exclus de l'analyse des risques : chute de météorite, actes de malveillance, chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome... 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.

I.5.4.2. Recensement des agressions externes potentielles

Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement. Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- les agressions externes liées aux activités humaines ;
- les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

En ce qui concerne les activités humaines, les éoliennes E1 et E3 se localisent respectivement à 40 m et 30 m de deux lignes électriques aériennes haute tension appartenant au réseau du gestionnaire RTE. Comme mentionnée dans l'étude d'impact, le porteur de projet s'engage à prévoir une mise en terre des portions de lignes HTA situées à proximité des éoliennes E1 et E3 lors de la réalisation des travaux d'aménagement du parc éolien. Si la localisation précise de ces tronçons de ligne et la nature des travaux ne sont à ce stade pas encore définies, ces derniers permettront à terme d'éviter tout risque d'accident entre cette infrastructure et le parc éolien. D'autre part, l'éolienne E1 se place à 180 m de la route départementale RD4. Toutefois, compte tenu de la distance séparant cet axe routier de l'éolienne et de la probabilité limitée de survenue d'un accident à cet endroit précis de son parcours, le risque d'agression externe engendrée par un véhicule accidenté apparaît négligeable. Enfin, l'éolienne E2 se positionne à 170 m de la conduite de transport de gaz naturel haute pression MONTMARSAULT – ST ELOY. Le porteur de projet a échangé oralement avec le gestionnaire de réseau (GRT gaz) afin de déterminer une distance minimale d'exclusion (160m) qu'il a tenu à respecter. En l'absence de retour circonstancié de la part du gestionnaire de réseau, il apparaît toutefois essentiel que cette implantation fasse l'objet d'une validation par ce dernier lors de l'instruction du dossier. Le porteur de projet s'engage donc à transmettre, suite au dépôt de sa demande, l'ensemble des éléments nécessaires à la vérification de la conformité de son installation au gestionnaire de réseau GRT Gaz. Le gestionnaire pourra ainsi s'assurer que le projet ne représente aucun risque d'accident.

En ce qui concerne les phénomènes naturels, 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 scénarios de rupture de pale. Pour les tempêtes, il convient de signaler que les éoliennes seront adaptées aux vents rencontrés sur le site. Pour les mouvements de terrain, hormis le fait que la zone du projet semble

exempte de risque majeur, il convient de signaler qu'une étude géotechnique sera réalisée avant les travaux et permettra d'adapter au mieux la construction au sous-sol du site.

I.5.4.3. Effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité 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 ». Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Aucune installation ICPE n'est présente à proximité du site d'étude du projet de **Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie**.

Par ailleurs, l'analyse de l'environnement du projet a permis de se rendre compte de présence d'une infrastructure de transport de matières dangereuses : le gazoduc MONTMARSAULT – ST ELOY concernant les aires d'étude associées aux trois éoliennes.

La probabilité d'accident sur les canalisations est donc de l'ordre de 10^{-4} pour le risque de chute de glace (soit improbable) à 10^{-6} voire 10^{-7} pour le risque de projection de pale/morceau de pale (soit extrêmement rare). Cette probabilité est donc très faible. Par ailleurs, il convient de rappeler que cette probabilité correspond plus à une probabilité d'atteinte des canalisations, le risque de perforation/déformation voire d'explosion de cette dernière n'ayant pas été modélisé et le fait qu'elles soient enterrées, et donc protégées en partie, n'a pas été pris en compte.

Etant donné l'éloignement de ces installations (éoliennes et canalisations), ainsi que les très faibles probabilités d'accidents, **il a donc été retenu de négliger les conséquences des effets dominos.**

I.5.4.4. Mise en place des fonctions de sécurité




Dans le cadre de l'Etude de Dangers, les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du **projet de Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie** sont détaillées. Ces dernières permettent de réduire les risques potentiels sur l'installation :

- Fonction de sécurité n°1 : Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace
- Fonction de sécurité n°2 : Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace
- Fonction de sécurité n°3 : Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques
- Fonction de sécurité n°4 : Prévenir la survitesse
- Fonction de sécurité n°5 : Prévenir les courts-circuits
- Fonction de sécurité n°6 : Prévenir les effets de la foudre
- Fonction de sécurité n°7 : Protection et intervention incendie
- Fonction de sécurité n°8 : Prévention et rétention des fuites
- Fonction de sécurité n°9 : Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)
- Fonction de sécurité n°10 : Prévenir les erreurs de maintenance
- Fonction de sécurité n°11 : Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort

I.5.4.5. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

Tableau 4 : Liste des scénarios exclus

Nom du scénario exclu	Justification
<div>  <p>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</p> </div>	<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.</p> <p>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>
<div>  <p>Incendie du poste de livraison ou du transformateur</p> </div>	<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>
<div>  <p>Infiltration d'huile dans le sol</p> </div>	<p>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 rapprochée d'une nappe phréatique.</p> <p>Dans notre cas, les éventuelles infiltrations accidentelles d'huiles dans le sol restent peu probables compte tenu des mesures mises en place et pour des volumes de substances libérées dans le sol très faibles.</p>

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



Projection de pale /
morceau de pale



Projection
de glace



Effondrement



Chute de pale /
éléments



Chute
de glace

I.6. ANALYSE DÉTAILLÉE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios retenus à l'issue de l'analyse préliminaire des risques. Pour ce faire plusieurs critères issus de la réglementation (arrêté ministériel du 29 septembre 2005 et circulaire du 10 mai 2010) sont utilisés :

- **la 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.
- **l'intensité** : ce paramètre traduit l'ampleur du risque au sein de la zone concernée, pour l'éolien il s'agit du rapport entre la surface de la zone d'impact (c'est-à-dire la surface de la zone touchée en cas de chute ou projection d'un élément) et la surface de la zone d'effet (c'est-à-dire la surface totale de la zone potentiellement concernée par le risque). Suivant ce degré d'exposition, l'intensité est considérée comme modéré (<1%), forte (entre 1 à 5%) ou très forte (>5%).
- **la gravité** : les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet et de l'intensité définie précédemment. Ces calculs et seuils s'appuient sur des grilles définies par la circulaire du 10 mai 2010 qui fixe le nombre de personne permanentes par type de milieu concerné.
- **la probabilité** : elle définit la possibilité de survenue de l'accident. 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 et des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005. Le tableau ci-dessous résume les différents niveaux de probabilité utilisé :

Tableau 5 : Echelle des niveaux de probabilité

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

C'est l'analyse de ces différents critères qui permet de juger de l'acceptabilité ou non du risque considéré. Une matrice basée sur le croisement entre gravité et probabilité permet par la suite de juger du caractère acceptable ou non du risque.

Dans le cas du **projet de Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie**, le tableau placé ci-contre permet de résumer les différents paramètres étudiés lors de l'analyse détaillée des risques.

Tableau 6 : Synthèse des paramètres de risques pour chaque scénario retenu

Scénario	Zone d'effet autour du mât	Cinétique	Intensité	Probabilité	Niveau de gravité
Projection de pale/morceaux de pale	500 m	Rapide	Exposition modérée	D	Important (E1 et E3)
					Sérieux (E2)
Projection de glace	279 m	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieux (pour toutes les éoliennes)
Effondrement de l'éolienne	133 m	Rapide	Exposition forte	D	Important (E3)
					Sérieux (E1 et E2)
Chute de glace	51,5 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré (pour toutes les éoliennes)
Chute d'élément de l'éolienne	51,5 m	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux (pour toutes les éoliennes)

I.7. CONCLUSION

L'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes, et l'analyse préliminaire des risques ont permis d'identifier cinq principaux scénarios d'accidents majeurs pour le projet de **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, prévoyant l'implantation de 3 éoliennes d'une hauteur en bout de pale de 133m et d'une puissance unitaire de 2 à 3 MW. Ces derniers sont détaillés ci-dessous au travers de leurs principales caractéristiques (Intensité, probabilité et gravité) :



- **Projection de pales ou morceaux de pale (500 m)** : Compte tenu de l'accidentologie analysée et des mesures correctives déployées depuis de nombreuses années pour réduire ce risque (système de détection de l'échauffement/bridage, système de détection de la survitesse/bridage voire arrêt, système parafoudre, système de détection incendie/alarme et extincteur, procédure contrôle fondations et maintenance), la probabilité de ce type d'accident est estimée à « Rare » (D). Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Important » pour les éoliennes E1 et E3 du fait des enjeux identifiés (aire de repos, jardins d'habitation, terrains agricoles, route départementale, routes non-structurantes et chemins ruraux, chemins de randonnées, plateformes de maintenance et chemins d'accès). Le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour l'éolienne E2.



- **Projection de glace (279 m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Probable » (B). On notera toutefois qu'un panneautage est mis en place au niveau de chaque éolienne afin de prévenir du risque de chute ou projection de glace. De plus, les éoliennes disposent d'un système de détection du givre et de mise à l'arrêt avec procédure de redémarrage adaptée. Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour les trois éoliennes, du fait des enjeux identifiés (aire de repos (E1), terrains agricoles, route départementale, routes non-structurantes et chemins ruraux, chemins de randonnées, plateformes de maintenance et chemins d'accès).



- **Effondrement de l'aérogénérateur (133 m)** : Compte tenu de l'accidentologie analysée et des mesures correctives déployées depuis de nombreuses années pour réduire ce risque (système de détection de l'échauffement/bridage, système de détection de la survitesse/bridage voire arrêt, système parafoudre, système de détection incendie/alarme et extincteur, procédure contrôle fondations et maintenance), la probabilité de ce type d'accident est estimée à « Rare » (D). Son intensité est « Forte ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Important » pour l'éolienne E3, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, routes non-structurantes et chemins ruraux, chemins de randonnées, plateformes de maintenance et chemins d'accès). Le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour les éoliennes E1 et E2.



- **Chute de glace (51,5 m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Courante » (A). On notera toutefois qu'un panneautage est mis en place au niveau de chaque éolienne afin de prévenir du risque de chute ou projection de glace. De plus les éoliennes disposent d'un système de détection du givre et de mise à l'arrêt avec procédure de redémarrage adaptée. Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Modéré » pour les trois éoliennes, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, plateformes et chemins d'accès).



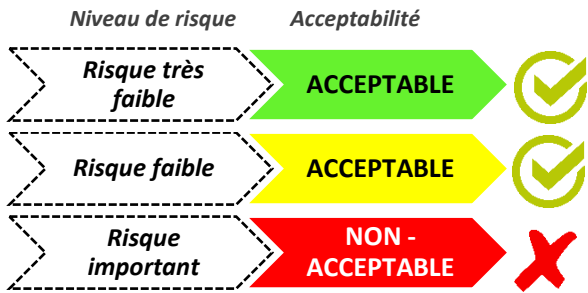
- **Chute d'éléments (51,5 m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Improbable » (C). On notera que les éoliennes sont soumises à des procédures de maintenance et de contrôle régulières réduisant le risque. Son intensité est « Forte ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour les trois éoliennes, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, plateformes et chemins d'accès).

Pour conclure à l'acceptabilité des risques, la matrice de criticité, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, a été utilisée. Les différents risques ont tous été jugés acceptables. Il convient de noter que, bien que les risques liés à l'incendie de l'éolienne / poste de livraison ou à l'infiltration d'huile dans le sol n'aient pas été détaillés du fait de leur faible importance, des mesures de sécurité sont toutefois prévues en cas d'accident. **Par ailleurs, compte tenu de la présence d'une canalisation de transport de gaz localisée au sein des aires d'étude de dangers, le porteur de projet s'engage à transmettre, suite au dépôt de sa demande, l'ensemble des éléments nécessaires à la vérification de la conformité de son installation au gestionnaire de réseau GRT Gaz.**

Dans ce cadre, il est donc possible de dire que les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation, ainsi que les distances séparant le projet des lieux de vie les plus proches sont suffisants pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux identifiés.

Tableau 7 : Matrice de l'acceptabilité du risque pour le projet éolien de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie

		PROBABILITE				
		Extrêmement rare (0.0001%<P<0.001%)	Rare (0.001%<P<0.01%)	Improbable (0.01%<P<0.1%)	Probable (0.1%<P<1%)	Courant (P>1%)
GRAVITE	Désastreux					
	Catastrophique					
	Important		Projection de pale (E1/E3) Effondrement de l'éolienne (E3)			
	Sérieux		Projection de pale (E2) Effondrement de l'éolienne (E1/E2)	Chute éléments des éoliennes (toutes éoliennes)	Projection de glace (toutes éoliennes)	
	Modéré					Chute de glace (toutes éoliennes)



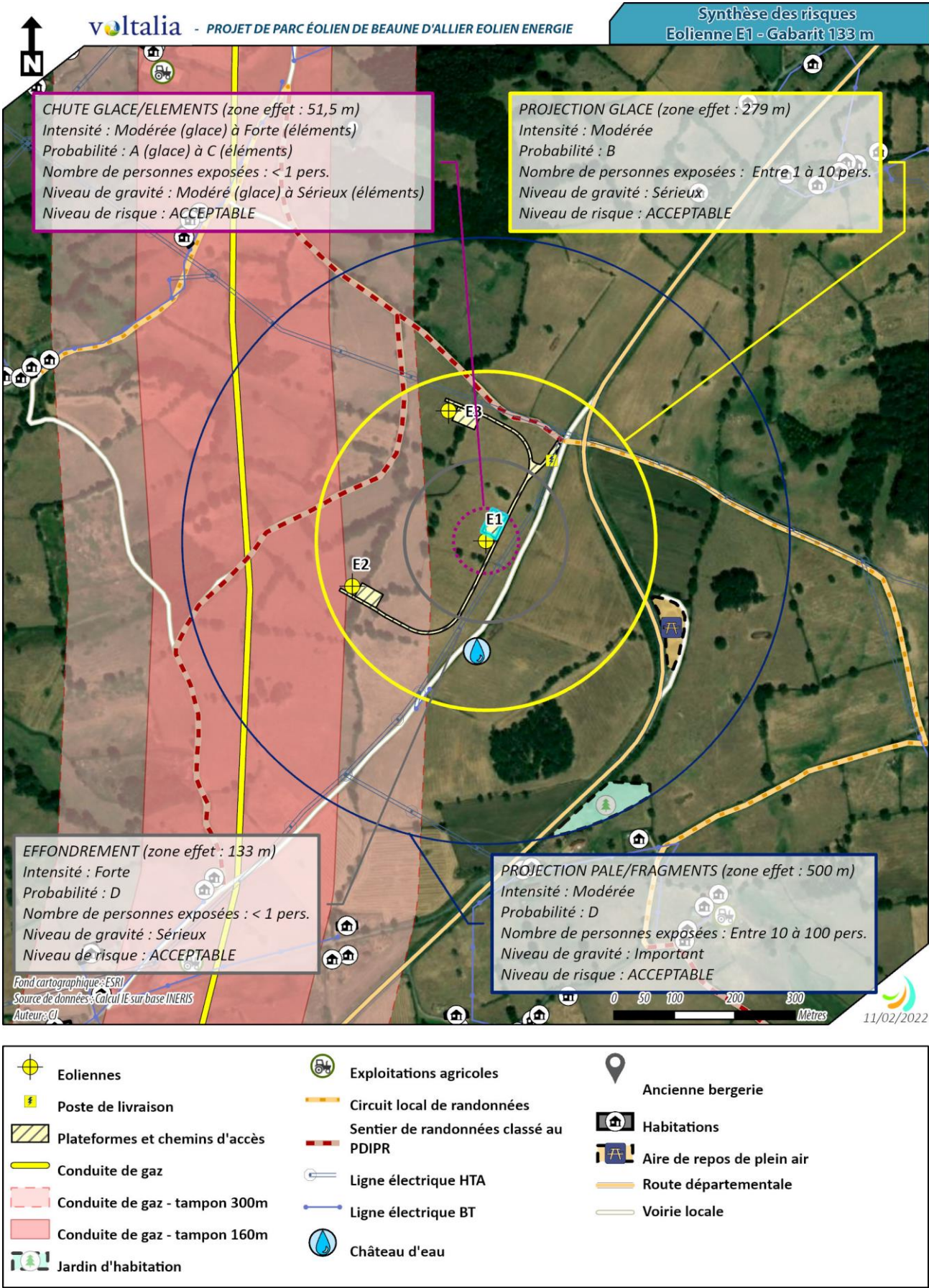


Figure 10 : Synthèse des risques - Eolienne E1

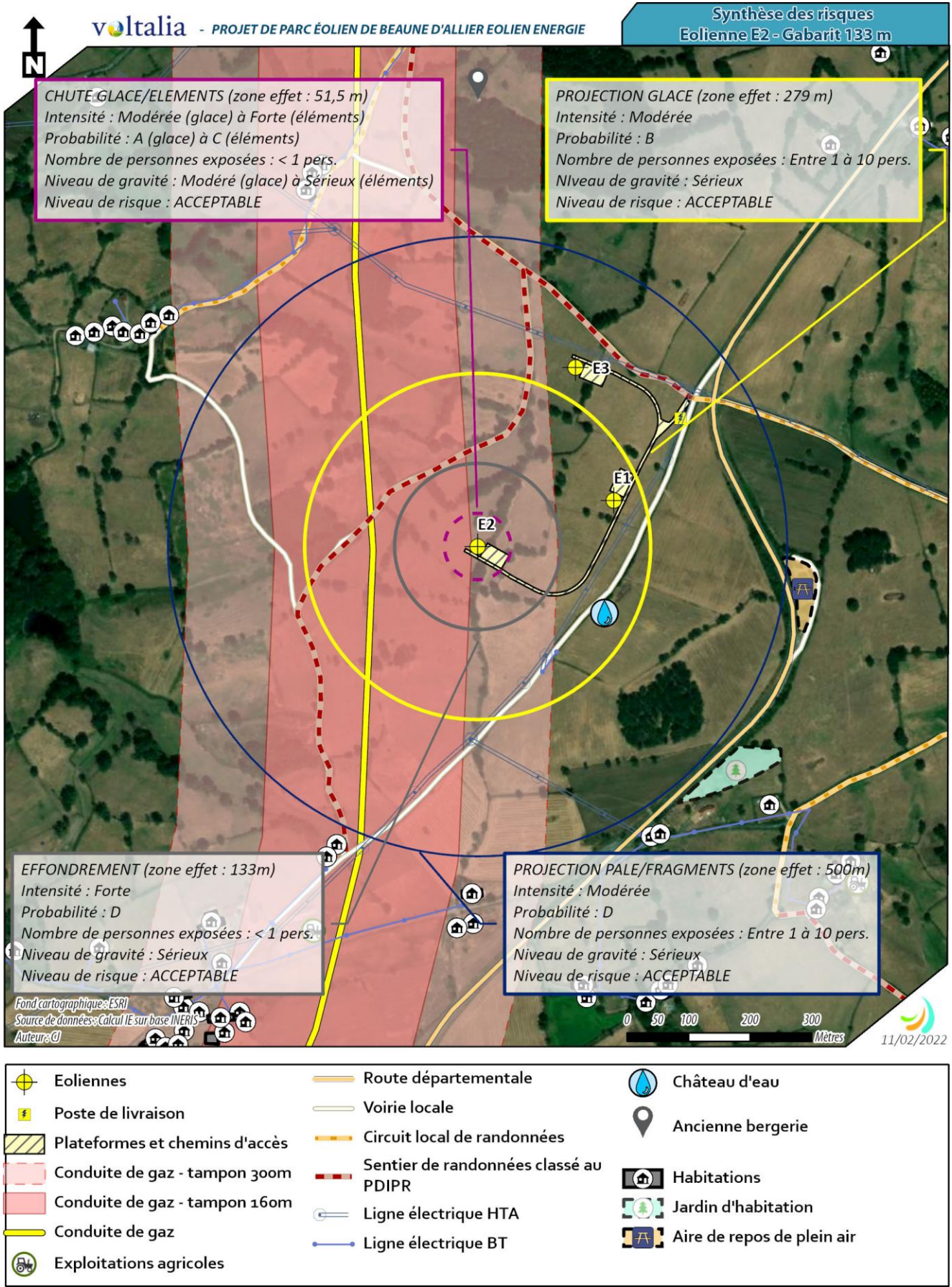


Figure 11 : Synthèse des risques - Eolienne E2

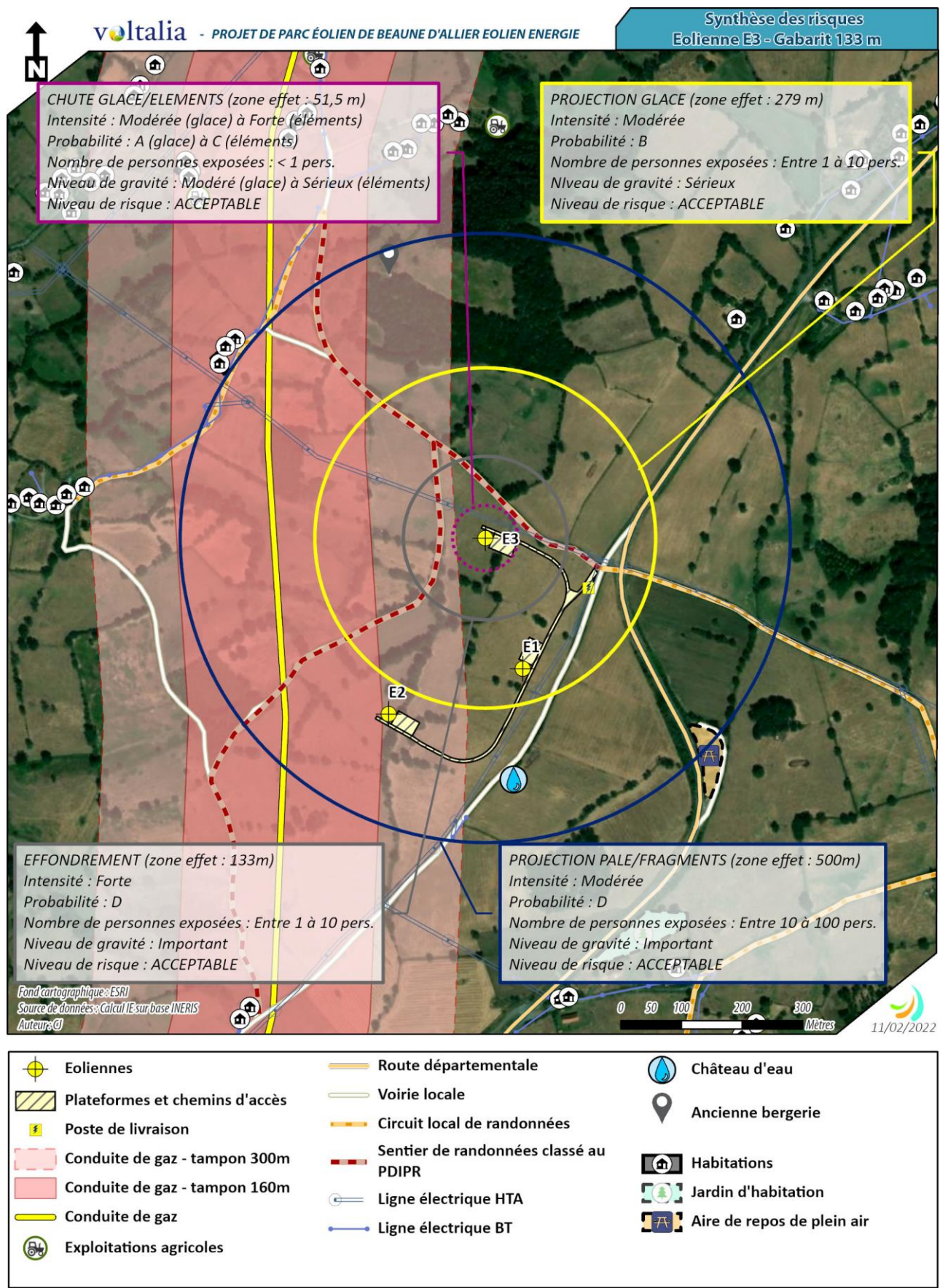


Figure 12 : Synthèse des risques - Eolienne E3

II. PREAMBULE

II.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la **SAS Beaune d'Allier Eolien Energie** pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, 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.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques. Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie** qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

Ainsi, cette étude 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 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 ;



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

II.2. CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

Selon l'article L. 512-1, sont soumises à autorisation les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1. Ainsi, le point III de l'article D.181-15-2 du code de l'environnement décrit les attendus de l'étude de dangers associée à la démarche d'autorisation environnementale :

« III. – L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. 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 la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3. Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. »

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels.

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 scénarios d'accident 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. Il comprend notamment :

- Une description de l'environnement et du voisinage ;
- Une description des installations et de leur fonctionnement ;
- Une identification et caractérisation des potentiels de danger ;
- Une estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- Une réduction des potentiels de danger ;
- Les enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs) ;
- Une analyse préliminaire des risques ;
- Une étude détaillée de réduction des risques ;
- Une quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement, en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- Une représentation cartographique ;
- Un 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.

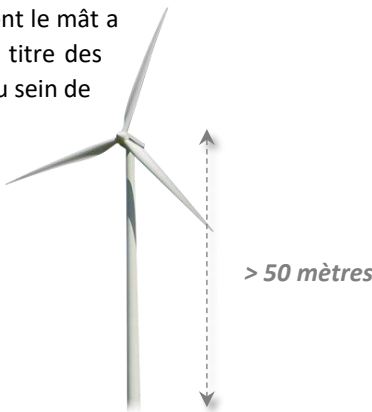
II.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES

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	Régime*	Rayon (km)
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 la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 50 m	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est 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	

*A : Autorisation, D : Déclaration

Le **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie** comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : 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 Environnementale.



III. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

III.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques des différents acteurs du présent dossier :




Fonctions	Raison Sociale/Nom N° SIRET	Adresse
<div>  Porteur de projet (demandeur) </div>	SAS Beaune d'Allier Eolien Energie N° 892 948 852 00017 RCS PARIS	84 Bd de Sébastopol 75003 PARIS
<div>  Exploitant de l'installation </div>	SAS SYNERGIS ENVIRONNEMENT N° 429 302 359 00030 RCS D'ANGERS	Espace Plan&Terre 2 Rue Amédéo Avogadro 49070 BEAUCOUZE
<div>  Rédacteur de l'étude </div>		

Tableau 8 : Différents acteurs du dossier

III.2. LOCALISATION DU SITE

Le projet éolien, faisant l'objet de ce dossier, se trouve sur le territoire de la commune de BEAUNE D'ALLIER. Cette commune se localise dans la partie Sud du département de l'Allier dans la région Auvergne-Rhône-Alpes. Cette commune appartient à la communauté de communes Commentry-Montmarault-Néris-Communauté. Les communes limitrophes sont : BLOMARD HYDS, LAPEYROUSE, LOUROUX-DE-BEAUNE, SAINT-BONNET-DE-FOUR et VERNUSSE. La carte présentée ci-contre permet de localiser le projet éolien de l'échelle nationale à l'échelle locale.

Le **Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie** est composé de 3 aérogénérateurs d'une puissance unitaire comprise entre 2 et 3 MW (soit une puissance totale de 6 à 9 MW) et d'un poste de livraison. Dans le cadre de la présente étude, le modèle retenu pour les analyses correspondra à un gabarit aux dimensions majorantes suivantes :

- Une hauteur de moyeu de 83mètres,
- Un diamètre de rotor de 103 mètres,
- Une hauteur totale en bout de pale de 133 mètres.

I.1. DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4. La zone 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.

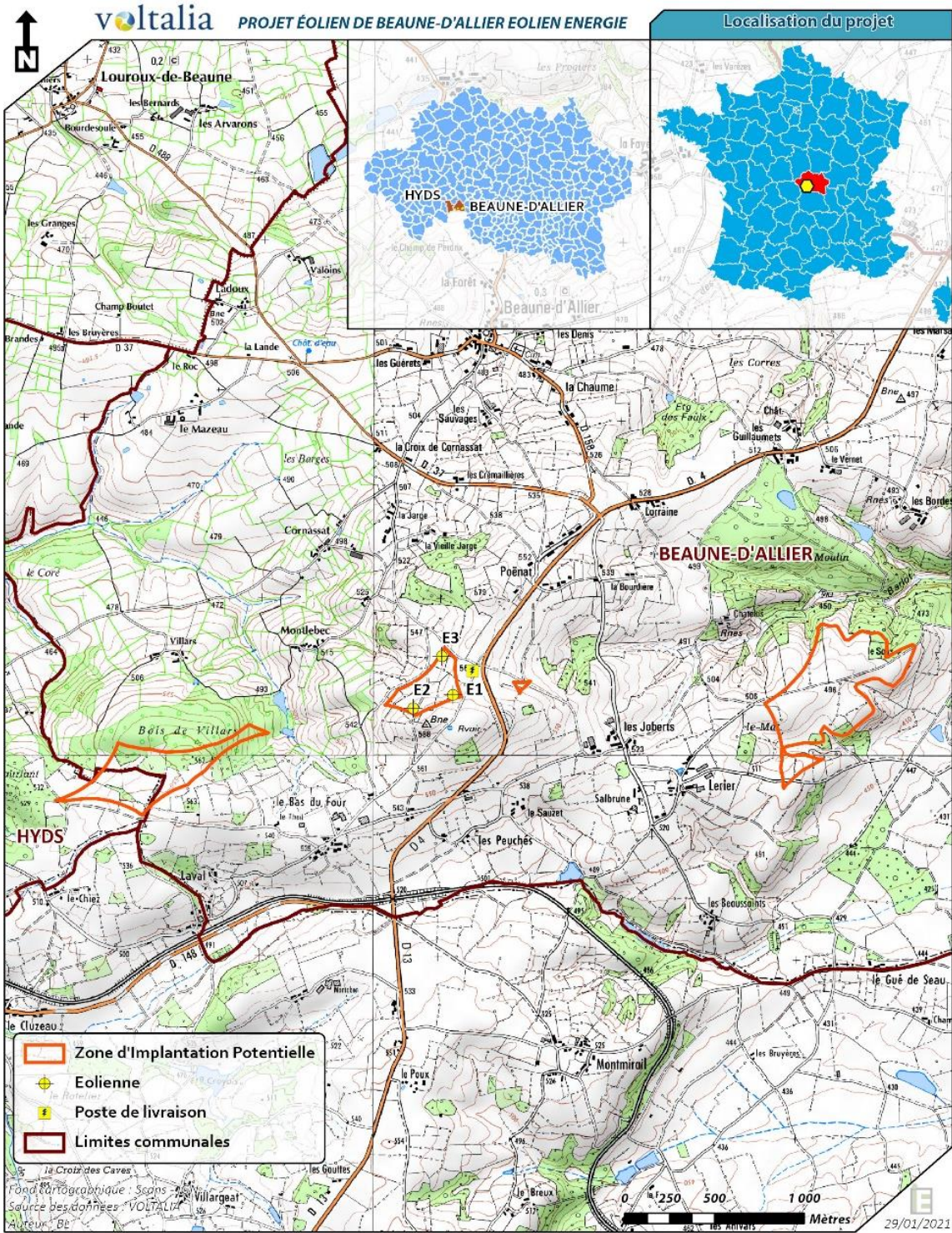
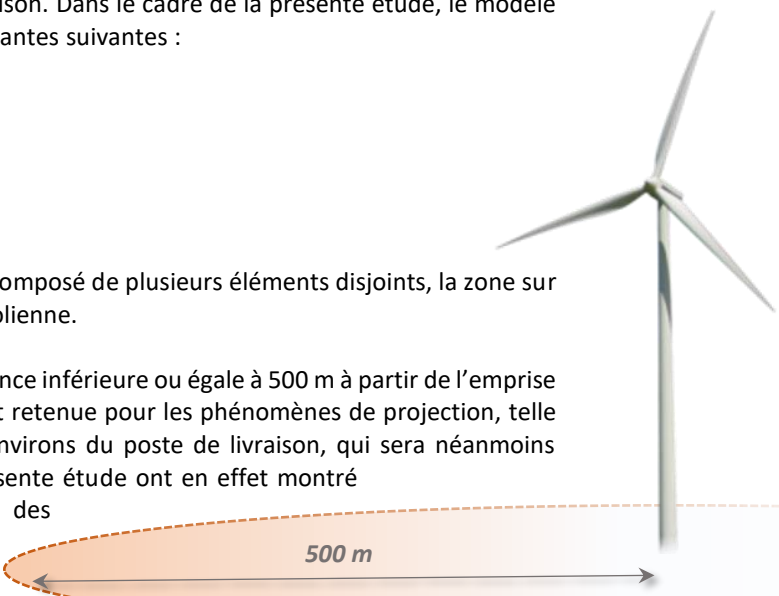


Figure 13 : Localisation du site du projet

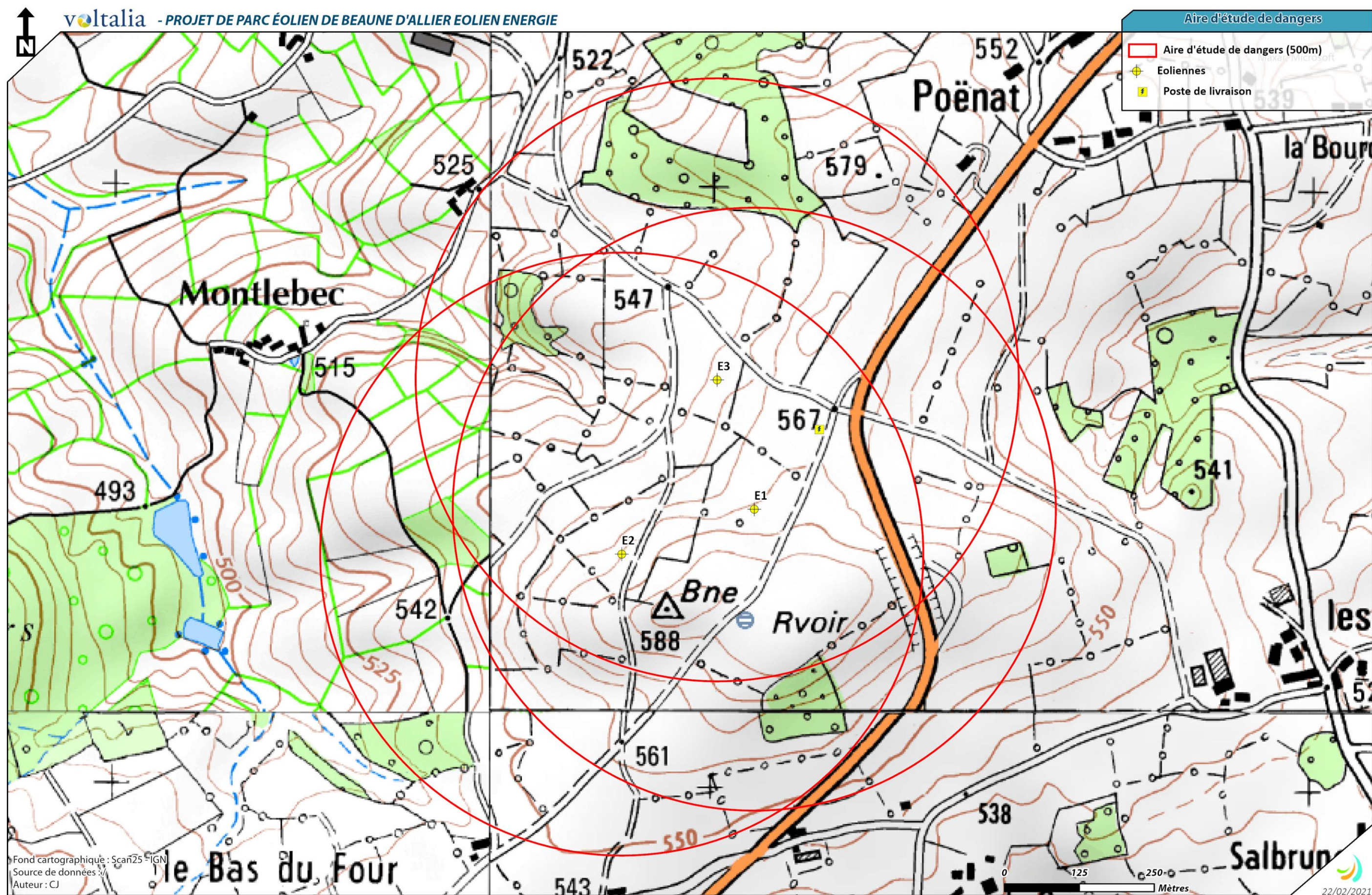


Figure 14 : Aire d'étude de dangers

II. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

II.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

II.1.1. ZONES URBANISÉES

Le **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie** prend place dans une zone bocagère à flanc de collines, au Sud de la commune. Dans ce secteur, les habitations sont regroupées au sein de petits hameaux ; « Montlebec », « Cornassat », « La Vieille Jarge », « Poënat », « Les Joberts », « Le Sauzet », « Les Peuchés » et « Le Bas du Four ». Les zones plus densément peuplées sont celles des bourgs voisins : BEAUNE D'ALLIER dont le centre bourg est situé à 1,7 km au Nord de l'éolienne la plus proche (E1), LAPEYROUSE dont le centre bourg est situé à 4,1km au Sud de l'éolienne la plus proche (E3) et HYDS dont le centre bourg est situé à 4,6 km au Nord-Ouest de l'éolienne la plus proche (E3). Les habitations les plus proches ont été repérées sur des distances allant d'environ 502 m à 833 m. A noter que ces habitations sont toutes localisées hors du périmètre de l'étude de dangers. Une partie des parcelles accueillant les habitations n°0 et 27 est en revanche concernée, respectivement, par le rayon de l'étude de dangers des éoliennes E3 et E1. Ces espaces seront associés à un jardin d'habitation et le nombre de personnes exposées correspondra au nombre moyen d'occupants par foyer sur la commune selon l'INSEE, soit 2,17 habitants/logement. Concernant les zones destinées à l'habitation, l'absence de document d'urbanisme local en vigueur sur la commune du projet et ses communes limitrophes ne permet pas de localiser de telles zones.

Tableau 9 : Distance entre habitation et éolienne la plus proche

Numéro de l'habitation	Nom de l'éolienne la plus proche	Distance* (m)
0	E3	538,7
1	E3	705,8
2	E3	665,4
3	E3	745,9
4	E3	683,1
5	E3	696,7
6	E2	603,7
7	E2	611,0
8	E1	539,1
9	E2	555,0
10	E2	520,2
11	E2	551,2
12	E1	833,7
13	E1	818,2
14	E1	855,6
15	E3	502,1
16	E3	679,8
17	E3	694,2
18	E3	649,1
19	E1	547,2
20	E2	685,6
21	E2	660,7
22	E2	639,6
23	E2	626,7
24	E3	519,7
25	E2	617,3
26	E3	523,5
27	E1	518,2
28	E2	573,4

*Distance mesurée entre l'angle de l'habitation le plus proche et rayon extérieur du mât (2,15 mètres).

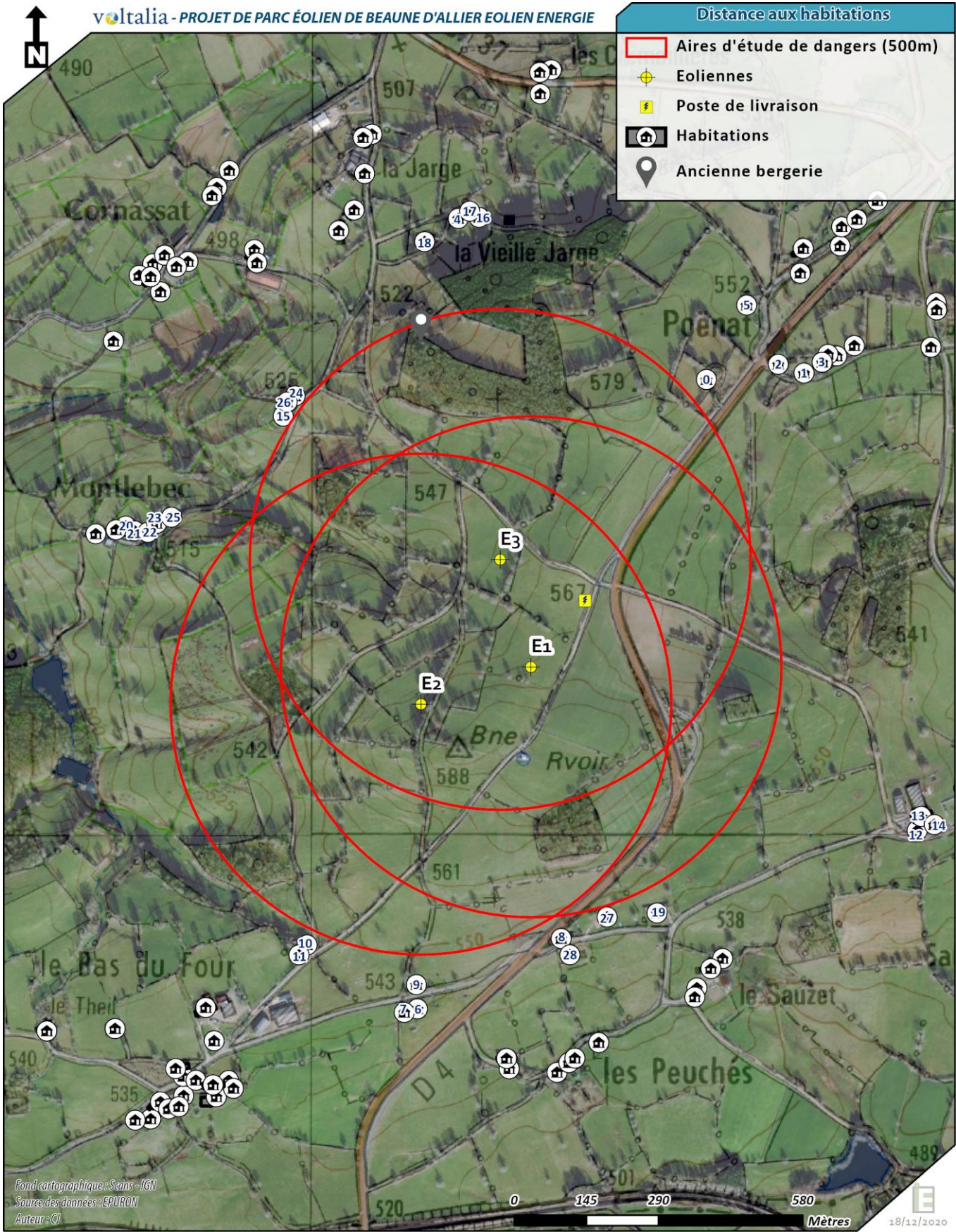


Figure 15 : Carte des habitations les plus proches

II.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Constituent des ERP tous les bâtiments, locaux et enceintes, que ce soient des structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables), dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tous ou sur invitation, payantes ou non. Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants ...

Aucun établissement recevant du public n'est recensé au sein du périmètre d'étude de 500m. Des ERP liés aux commerces ou service public (école, mairie) sont présents dans les bourgs proches. Des hébergements de tourisme sont aussi présents en périphérie du site mais toujours en dehors du rayon d'étude de dangers, la plus proche étant la chambre d'hôtes de Salbrune (1,2 km de l'éolienne E2).

II.1.3. INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

On ne recense aucune installation nucléaire de base sur les communes du projet. Aucune ICPE classée SEVESO n'est présente dans les limites de l'aire d'étude de dangers. Le site le plus proche est celui de la société ERASTEEL SAS à COMMENTRY, implanté à environ 10 kilomètres à l'Ouest.

D'après les données de la base des installations classées, aucune ICPE ne se trouve localisée au sein de l'aire d'étude de dangers, ni au sein de la commune d'accueillant le projet. La plus proche est exploitation agricole soumise à enregistrement localisée à plus de 4,9 kilomètres au Nord-Est de l'éolienne la plus proche (E2).

II.1.4. AUTRES ACTIVITÉS

Le contexte rural du secteur induit la présence de plusieurs exploitations agricoles à proximité du périmètre d'étude. Celles-ci sont souvent associées au bâti résidentiel. Aucune d'entre elles ne se trouve localisée au sein des aires d'étude de dangers. Par ailleurs, des activités artisanales peuvent aussi être présentes au sein des différents hameaux bordant la zone d'étude.

Au niveau des activités touristiques, deux tronçons de chemins classés au Plan Départemental des Itinéraires Pédestres de Randonnées de l'Allier (PDIPR) sont présents au sein des aires d'étude de dangers : Voie communale n°9 par la Croix de Cornassat et le Chemin du Bas du Four à la Jarge. Par ailleurs, cinq sentiers de randonnées locaux sont recensés par l'association Beaune Accueille sur la commune du projet. Parmi ces derniers, le sentier « De Gabelle en Justice » traverse les aires d'étude de dangers.

En termes de fréquentation, en l'absence de compteurs sur ces chemins il reste difficile d'évaluer précisément leur utilisation. En l'absence de données précises quant à leur fréquentation, en accord avec les informations fournies par la circulaire du 10 mai 2010, dans le cadre de la présente étude une hypothèse majorante de l'ordre de 0 à 100 promeneurs/jour sera retenue, soit 2 personnes par kilomètre.

On retrouve aussi au sein des aires d'étude de dangers la présence d'une aire de repos associée à l'axe routier RD4. Il s'agit d'une aire de plein air disposant de tables de pique-nique et de stationnement pour les automobilistes. Ce terrain d'une superficie de 3 800 m² sera considéré comme un terrain aménagé et fréquenté voire très fréquenté au sens de la circulaire du 10 mai 2010. Dans le cadre de la présente étude, il est proposé de retenir une hypothèse de fréquentation de 4 véhicules, soit 20 personnes. Il convient de noter que ce type d'aménagement connaît une fréquentation plutôt saisonnière (été), principalement durant la journée et notamment la pause du midi.

II.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

II.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Afin de détailler les caractéristiques météorologiques du secteur du projet, les principaux paramètres (précipitations, températures, ensoleillement et vents) sont présentés dans les paragraphes suivants. Les données proviennent de la station météorologique de VICHY (03) située à environ 40 kilomètres à l'Est/Sud-Est du projet. Cette station complète de mesures peut être considérée comme la plus représentative du climat local.

• Précipitations

L'histogramme suivant indique les normales mensuelles de précipitations calculées pour la période 1981-2010.

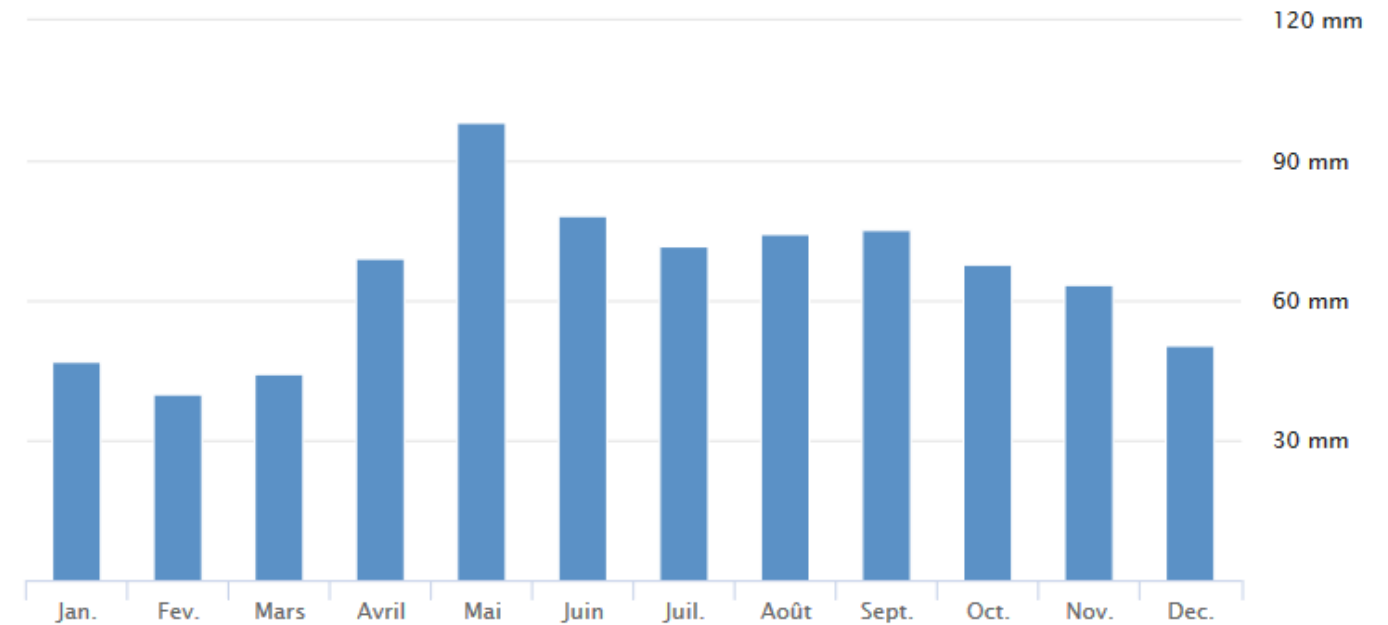


Figure 16 : Normales mensuelles des précipitations à VICHY (Source : Météo-France)

On notera la saisonnalité des pluies, avec une différence marquée entre les précipitations supérieures à 60 mm de la période d'Avril à Novembre et celles nettement inférieures relevées de Décembre à Mars. Le mois de Mai fait exception puisqu'il est le seul à présenter des précipitations supérieures à 90 mm. Au total, il pleut à VICHY environ 117 jours par an pour une hauteur cumulée de 779,5 mm.

• Températures et ensoleillement

Le graphique suivant indique les mesures de la température minimale et maximale, relevées mois par mois, pour la période 1981-2010.

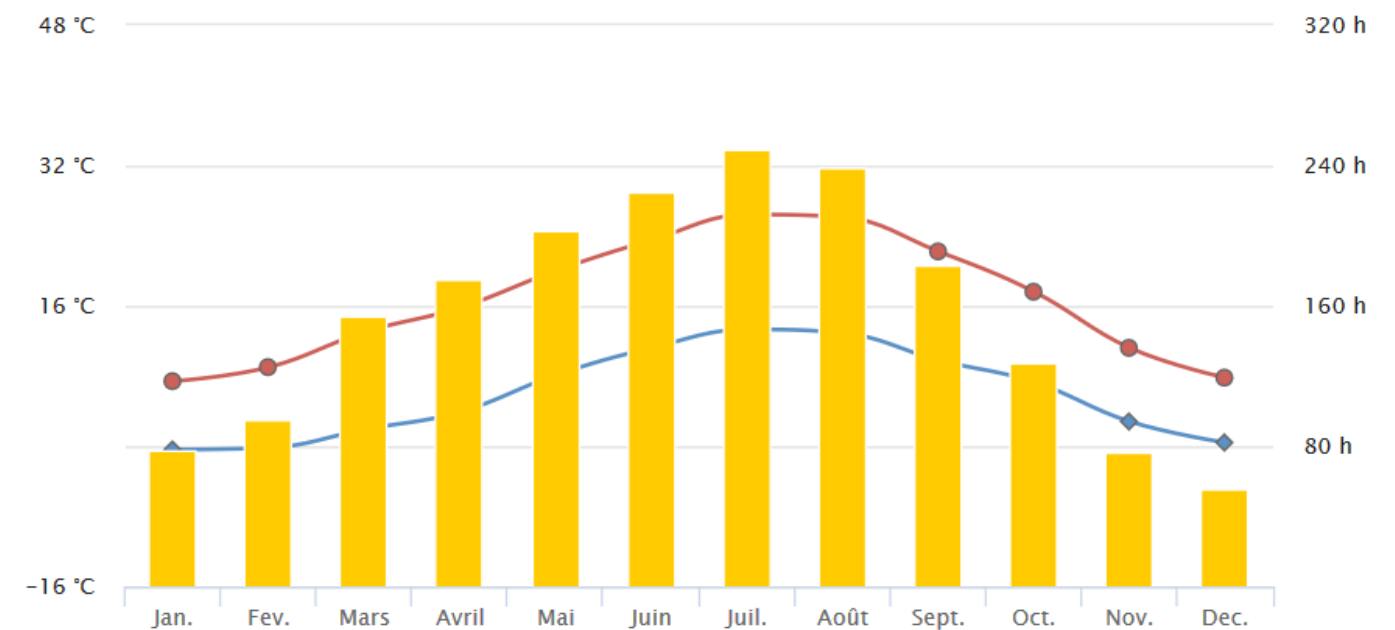


Figure 17 : Normales mensuelles des températures minimales et maximales et ensoleillement à VICHY (Source : Météo-France)

La période de l'année la plus chaude s'étend sur les mois de juillet et août, pour des moyennes mensuelles maximales au-delà de 26°C au cœur de l'été, alors que décembre, janvier, février et mars sont les mois les plus froids pour des moyennes mensuelles minimales inférieures à 2°C. Les températures moyennes hivernales apparaissent relativement basse et les

températures estivales sont modérées, ce qui est caractéristique de l'influence du climat de montagne à une altitude modérée (environ 300 mètres NGF). Par ailleurs, l'amplitude thermique, différence entre la moyenne annuelle minimale (6,0°C) et la moyenne annuelle maximale (16,7°C), souligne à nouveau l'empreinte de cette typologie climatique. La durée d'ensoleillement est de 1862 h. /an, dont 68,7 jours à fort ensoleillement.

• 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 rose de METEO-FRANCE a été établie à partir de mesures trihoraires de vent (vitesse moyennée sur 10 minutes), relevées à SAINT-GERVAIS-D'Auvergne entre 1991 et 2010. Cette station de mesures météorologiques se positionne à environ 25 km au Sud de la Zone d'Implantation Potentielle. Elle est implantée à une altitude de 705 m NGF et s'élève donc d'environ 200 m NGF plus haut que le site du projet.

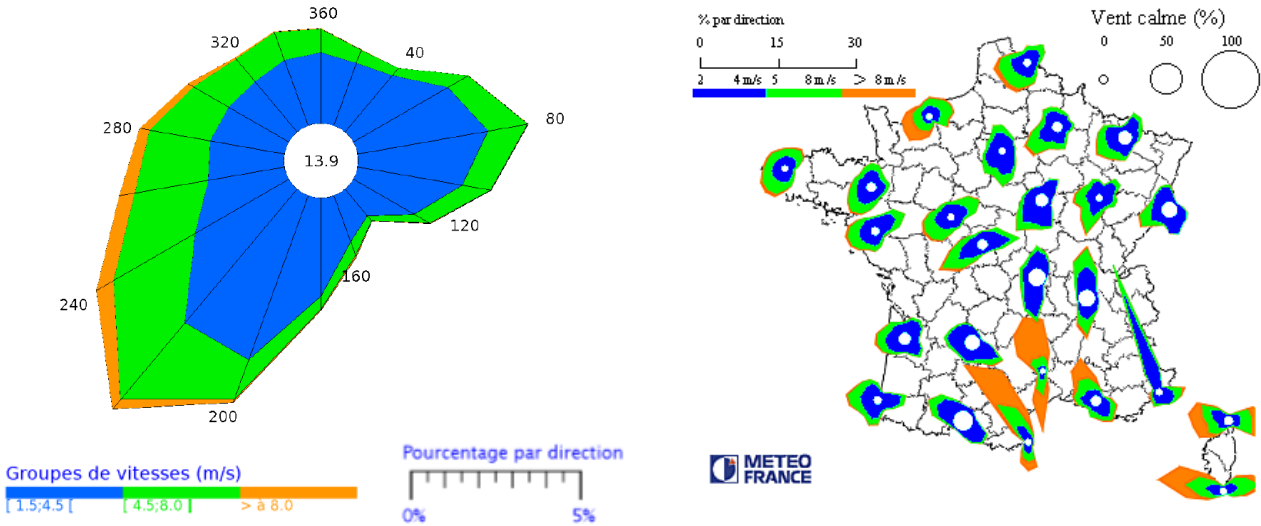


Figure 18 : Rose des vents à SAINT-GERVAIS-D'Auvergne et en France (Source : METEO-FRANCE)

Sur ce secteur, les vents proviennent majoritairement de l'Ouest/Sud-Ouest avec des vitesses oscillants entre 1,5 et 8 m/s à 50m d'altitude, accompagnés de quelques épisodes avec des vents plus fort (> 8m/s). Ils proviennent de l'Océan Atlantique et amènent les précipitations et la douceur sur la côte Atlantique. Ces vents peuvent aussi provenir de la direction opposée, par l'Est/Nord-Est, pour des vitesses également comprises entre 1,5 et 8 m/s, mais ne dépassant que rarement les 8 m/s. Ils proviennent des zones polaires et sibériennes amenant ainsi un air sec et froid. On les rencontre plus couramment en hiver.

Pour compléter ces informations, le tableau ci-dessous indique, par mois, la vitesse du vent moyennée sur 10 minutes ainsi que le nombre de jours moyens avec rafales et les rafales maximales (m/s) enregistrées au niveau de la station de VICHY-CHARMEIL entre 1981 et 2010.

Tableau 10 : Nombre moyen de jours avec rafales de vents et rafales maximales de vent enregistrés à VICHY (Source : Météo-France)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse du Vent moyenné sur 10 mn	2,4	2,5	2,7	2,6	2,2	2	2	1,9	1,8	2	2	2,2
Nombre de jours avec rafales> 16m/s (58 km/h)	3,0	3,2	3,5	2,8	1,5	1,2	1,8	1,1	1,2	2,4	2,2	2,7
Nombre de jours avec rafales> 28m/s (100 km/h)	/	0,1	0,0	/	/	/	0,0	/	/	0,1	0,1	0,2
Vitesse maximale enregistrée en m/s (km/h en italique)	27,0 99	29,0 106	30,2 110	28,5 104	24,0 88	23,3 85	30,3 111	37,7 138	21,0 77	25,0 91	32,0 117	35,0 128

/ : Donnée égale à 0

• Brouillard, orage, grêle, neige et gel

Le nombre moyen de jours avec brouillard, grêle, orage, neige et gel, mois par mois, enregistré au niveau de la station météorologique de VICHY-CHARMEIL entre 1981 et 2010 permet de livrer des informations sur l'occurrence de ces événements climatiques. De manière générale, le brouillard apparaît comme présent tout au long de l'année, tout comme les chutes de neige entre novembre et avril et les orages entre mai et septembre. Les chutes de grêle en revanche n'arrivent qu'avec des fréquences relativement faibles, le plus souvent moins d'un jour par mois.

Tableau 11 : Nombre moyen de jours avec brouillard, orage, grêle ou neige à RENNES (Source : METEO-FRANCE)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre moyen de jours avec brouillard	5,0	3,1	1,6	1,2	2,1	1,4	0,8	1,2	3,9	5,1	5,2	4,7
Nombre moyen de jours avec orage	0,1	0,2	0,4	1,3	5,0	4,9	5,7	5,0	2,6	1,0	0,1	0,1
Nombre moyen de jours avec grêle	0,0	0,1	0,3	0,6	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	/
Nombre moyen de jours avec neige	4,8	4,7	2,6	1,0	/	/	/	/	/	0,0	1,5	3,7

/ : Donnée égale à 0

• Risque orageux

Le risque orageux peut être, quant à lui, apprécié de manière plus fine grâce aux données 2010-2019 fournies par le service METEORAGE de Météo-France. La meilleure représentation actuelle de l'activité orageuse est la densité de points de contact qui est le nombre de points de contact par km² et par an. La valeur moyenne de la densité de foudrolement (N_{SG}) est de 1,12 impacts/km²/an. Pour la commune de BEAUNE-D'ALLIER, cette densité a été mesurée à 0,62 impacts/km²/an, ce qui est faible comparativement à de la valeur moyenne.

Par ailleurs, la commune compte en moyenne 10 jours d'orage par an. Les épisodes orageux se concentrent majoritairement sur la période estivale, principalement au mois de juillet.

➔ N_{SG} : 0,62 impacts/km²/an



II.2.2. RISQUES NATURELS

Les risques naturels présentés sont ceux répertoriés dans le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du département de l'Allier approuvé par arrêté préfectoral le 21 novembre 2014. Des informations complémentaires peuvent également être apportées en fonction des données disponibles localement (argiles, mouvements de terrain, inondations...).

Selon le DDRM de l'Allier et le site de Géorisques¹, spécialisé dans la prévention des risques, la commune de BEAUNE-D'ALLIER n'est concernée que par un risque de sismicité. Le tableau suivant liste les différents arrêtés de catastrophe naturelle recensés sur la commune.

¹ Données issues du site : <http://www.georisques.gouv.fr/>

Tableau 12 : Arrêtés de catastrophe naturelle recensés sur les communes du projet (Source : Géorisques)

Type de catastrophe	Arrêté du	BEAUNE-D'ALLIER	HYDS
Tempête	18/11/1982	X	X
Inondations et coulées de boue	24/08/1988	X	X
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999	X	X

III.2.1.1. Séisme

Selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, la commune accueillant le projet est classée en zone de sismicité faible (classe 2), comme la presque totalité des communes du département de l'Allier. Concernant les événements sismiques passés, les tableaux suivants récapitulent les dix événements les plus importants et les plus récents potentiellement ressentis sur la commune de BEAUNE-D'ALLIER :

Tableau 13 : Evènements sismiques passés avec un ressenti sur la commune de BEAUNE-D'ALLIER

Séismes présentant l'intensité interpolée ressentie la plus forte à BEAUNE-D'ALLIER			Séismes les plus récents avec intensité interpolée ressentie à BEAUNE-D'ALLIER		
Date	Intensité* interpolée	Intensité* interpolée par classes	Date	Intensité* interpolée	Intensité* interpolée par classes
29/06/1477	6.68	VI-VII	07/11/1982	3,00	III
26/01/1579	6.56	VI-VII	29/02/1980	3,21	III
08/02/1808	5.39	V-VI	19/07/1963	2,79	III
04/05/1888	5.22	V	17/10/1961	4,48	IV-V
18/10/1356	5.06	V	25/03/1957	3,01	III
05/07/1841	4.90	V	12/09/1955	4,17	IV
14/09/1866	4.82	V	11/07/1950	3,59	III-IV
25/06/1522	4.55	IV-V	28/06/1950	3,31	III-IV
30/04/1854	4.52	IV-V	30/05/1946	2,84	III
17/10/1961	4.48	IV-V	29/01/1936	4,00	IV

*L'intensité traduit les effets et dommages induits par le séisme en un lieu donné. Son échelle est fermée et varie de I (non ressenti) à XII (pratiquement tous les bâtiments détruits).

Il apparait que les deux séismes potentiellement ressentis les plus importants ont eu lieu il y a près de 500 ans. Le dernier date de juillet 1982. Les événements les plus récents ont été assez faiblement ressentis sur la commune de BEAUNE-D'ALLIER (classe III à IV).

III.2.1.2. Mouvements de terrain

Le terme mouvements de terrain regroupe plusieurs types de phénomènes bien différents : les affaissements, les effondrements, les éboulements, les chutes de pierres et de blocs, les glissements de terrain, le retrait-gonflement des sols argileux, etc. Ces mouvements, plus ou moins rapides, du sol et de sous-sol interviennent sous l'effet de facteurs naturels divers comme de fortes précipitations, une alternance de gel et dégel, des températures très élevées ou sous l'effet d'activités humaines touchant aux terrains comme le déboisement, l'exploitation de matériaux ou les travaux de terrassement. Si ces mouvements restent ponctuels, ils constituent un risque majeur en raison des conséquences lourdes et humaines, matérielles, qu'ils peuvent entraîner. Le DDRM de l'Allier n'identifie pas de risques de mouvement de terrain particuliers sur la commune de BEAUNE-D'ALLIER. Aucune cavité souterraine n'est localisée au sein des aires d'étude de dangers.

D'autre part, la consultation des bases de données² spécifiques permet de s'apercevoir que le risque de retrait/gonflement des argiles est bien présent au niveau du secteur d'implantation du projet. Les trois éoliennes sont localisées en dehors des zones d'aléas.

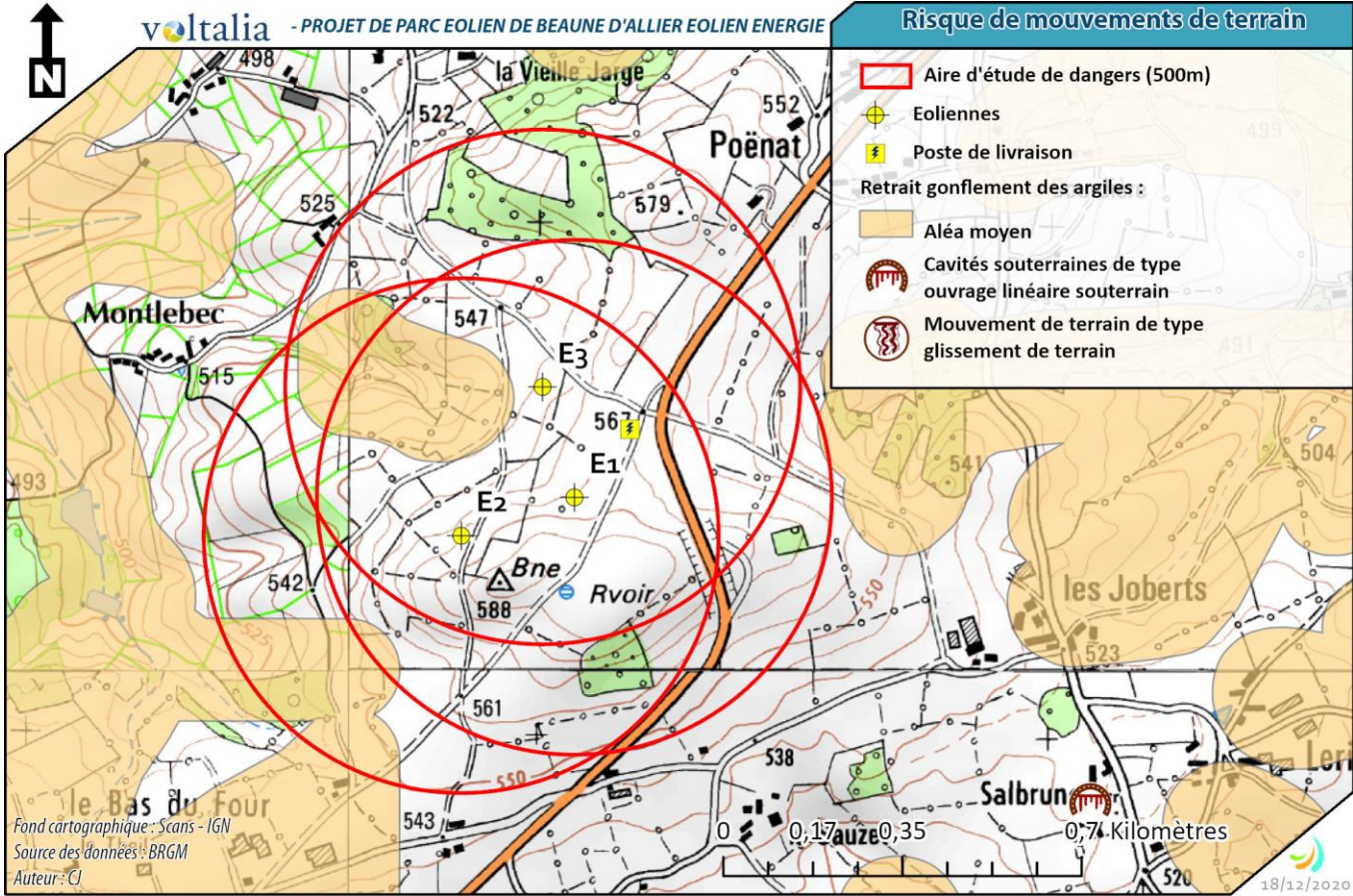


Figure 19 : Risque de mouvement de terrain sur la zone du projet (Source : BRGM)

III.2.1.3. Evènements climatique violents

La commune de BEAUNE D'ALLIER n'est pas particulièrement soumise au risque lié aux événements climatiques violents qui comprennent : fortes précipitations et/ou inondations ; chutes de neige abondantes et le verglas ; orages violents accompagnés ou non de grêle ; vents forts et tempêtes ; canicules ; vagues de grands froids.

Dans le cadre de projets éoliens, les risques d'orages, de vents violents et de tempêtes sont potentiellement les plus sensibles. Les données climatiques présentées précédemment laissent entrevoir une intensité faible à modérée pour ces événements dans le secteur du projet.

III.2.1.4. Feux de forêt

Le DDRM de l'Allier ne considère pas la commune de BEAUNE D'ALLIER comme soumise au risque de feux de forêts. Par ailleurs, les aires d'étude de dangers sont peu marquées par la présence de zone boisées, ces dernières étant placées à distance des éoliennes projetées.

III.2.1.5. Inondations

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Le risque d'inondation peut se manifester de diverses manières :

- **Inondations de plaine par crue lente** : La rivière sort de son lit mineur lentement et peut inonder la plaine pendant une période relativement longue.
- **Inondations par remontée de nappe phréatique** : Lorsque le sol est saturé d'eau, il arrive que la nappe affleure et qu'une inondation spontanée se produise.

² Données issues du site : <http://www.georisques.gouv.fr/>

- **Crues de rivières torrentielles et de torrents** : Lorsque des précipitations intenses tombent sur tout un bassin versant, les eaux ruissellent et se concentrent rapidement dans le cours d'eau, d'où des crues brutales et violentes dans les torrents et les rivières torrentielles.
- **Ruissellement pluvial urbain** : L'imperméabilisation du sol par les aménagements (bâtiments, voiries, parkings ...) et par les pratiques culturales limite l'infiltration des précipitations et accentue le ruissellement. Ceci occasionne souvent la saturation et le refoulement du réseau d'assainissement des eaux pluviales. Il en résulte des écoulements plus ou moins importants et souvent rapides dans les rues.
- **Inondations suite à une rupture de levées** : La montée des eaux peut fragiliser le pied ou le corps d'un ouvrage de protection et aboutir à sa rupture entraînant ainsi une vague de submersion.

Selon le DDRM de l'Allier, la commune de BEAUNE-D'ALLIER n'est pas concernée par un risque d'inondation lié au réseau hydrographique. Ainsi, cette commune n'est couverte par aucun Atlas des Zones Inondables (AZI) ni Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI). D'autre part, les éoliennes prennent place sur une zone relativement élevée et en retrait du réseau hydrographique, réduisant encore le risque d'inondation superficielle.

Le risque d'inondation par remontée de nappes est lié quant à lui aux nappes phréatiques dites « libres » car aucune couche imperméable ne les sépare du sol. Alimentées par les pluies, ces nappes peuvent connaître une surcharge en période hivernale et rejaillir du sol. Il existe deux grands types de nappes selon la nature des roches qui les contiennent (on parle de la nature de « l'aquifère ») : celles des formations sédimentaires et celles des roches dures de socle. Les premières sont contenues dans des roches poreuses (ex : sables, certains grès, la craie...) alors que les secondes sont incluses dans les fissures des roches dures et non poreuses, aussi appelées « de socle » (ex : granite, gneiss...).

Les services du BRGM ont réalisé une étude de ce phénomène avec pour objectif l'identification et la délimitation des zones sensibles aux inondations par remontée de nappes. Ces zones sensibles sont des secteurs dont les caractéristiques d'épaisseur de la zone non-saturée (c'est-à-dire la zone située au-dessus de la nappe), et de l'amplitude du battement de la nappe superficielle sont telles qu'elles peuvent déterminer une émergence de la nappe au niveau du sol, ou une inondation du sous-sol à quelques mètres sous la surface du sol. C'est ainsi que trois classes de sensibilité ont été définies :

- « **Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe** » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT (modèle numérique de terrain) et la cote du niveau maximal interpolée est négative ;
- « **Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave** » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est comprise entre 0 et 5 m ;
- « **Pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave** » : lorsque la différence entre la cote altimétrique du MNT et la cote du niveau maximal interpolée est supérieure à 5 m.

A noter que certains secteurs sont concernés par la présence d'une couche imperméable qui empêche le débordement en surface de nappes captives pouvant présenter des niveaux piézométriques maximaux supérieurs au terrain naturel.

Les données fournies³ par le BRGM permettent d'observer que dans le secteur du projet le niveau de risque d'inondation par remontée de nappes sédimentaires est corrélé à la proximité du réseau hydrographique et proportionnel à l'importance des cours d'eau identifiés. De ce fait, l'éloignement des éoliennes au réseau hydrographique assure un niveau de risque d'inondation par remontée de nappes très limité pour le projet.

Il ne s'agit toutefois que de données théoriques, le BRGM ne garantissant pas ni leur exactitude ni leur exhaustivité. Les études géotechniques menées en amont de la construction du parc devront donc confirmer ou non ce risque. Si celui-ci est avéré, des mesures visant à réduire le risque de pollution des eaux devront être mises en œuvre (Cf. Etude d'impact).

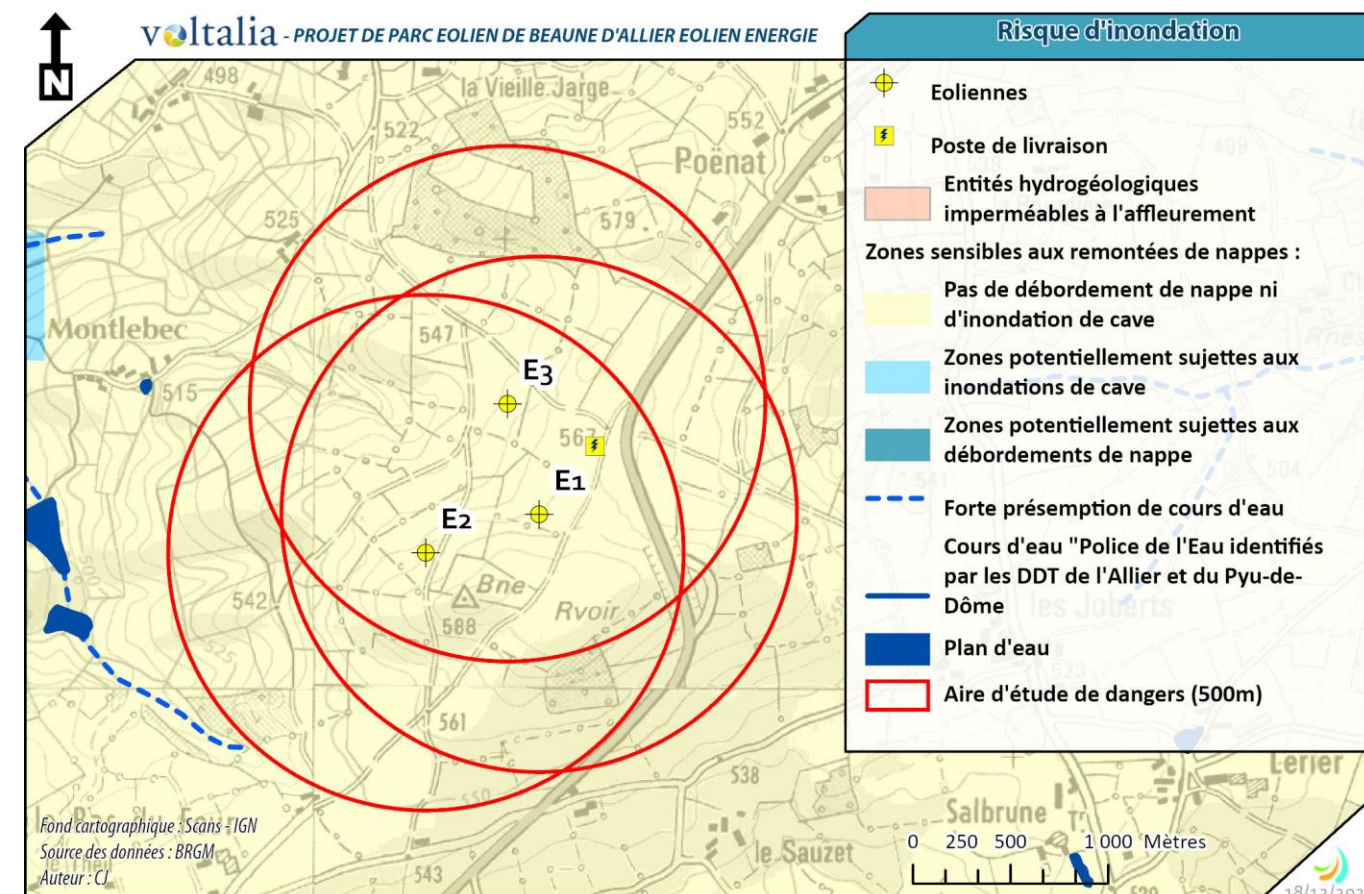


Figure 20 : Cartographie du risque d'inondation de nappe au niveau de la zone du projet (Source : BRGM)

³ Donnée extraite du site web développé par le BRGM : www.inondationsnappes.fr

II.3. ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

II.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

Au sein de l’aire d’étude de dangers, la voirie est constituée principalement de chemins ruraux sillonnant l’espace agricole et desservant les différentes parcelles.

Une route départementale est concernée par l’aire d’étude de dangers associée aux trois éoliennes. D’après les données du Conseil Départemental de l’Allier, cet axe de la trame routière départementale de l’Allier supporte un trafic légèrement supérieur à 2000 véhicules/jour :

Nom	Trafic mesuré (2016)	Route structurante*	Distance entre éolienne et route départementale		
			E1	E2	E3
RD4	2077	Oui	180 m	418 m	228 m

* Une route est considérée comme structurante par l’INERIS lorsqu’elle supporte un trafic supérieur à 2000 véhicules/jour.

Aucune voie ferrée en activité n’est recensée au sein de ces aires d’étude de dangers.

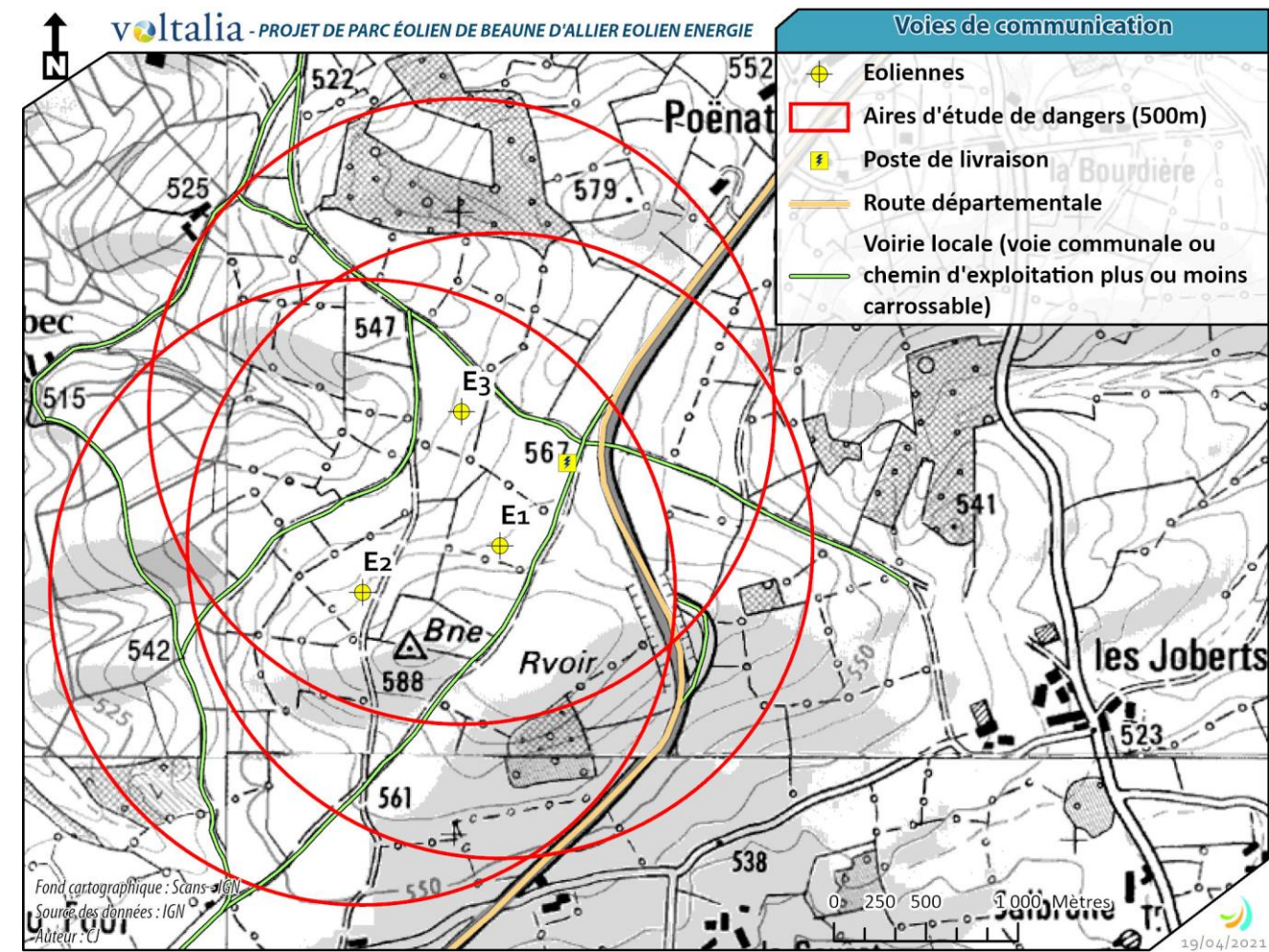


Figure 21 : Voirie au niveau du projet

II.3.2. RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

La société GRTgaz, qui a été consultée dans le cadre du projet éolien de Beaune-d’Allier Eolien Energie, a précisé par courrier le 17 août 2020 que la zone du projet se trouvait à proximité d’un de leur ouvrage de transport de gaz naturel haute pression : la canalisation MONTMAROULT – ST ELOY. Le gestionnaire GRTgaz a tenu à préciser que le maître d’ouvrage du projet doit tenir compte, dans l’étude de dangers de son installation, de l’existence de leurs ouvrages de transport de gaz et prévoir toutes dispositions afin qu’un incident ou un accident de son ICPE n’ait pas d’impact sur leurs ouvrages. Le gestionnaire a aussi précisé dans cette même réponse, qu’en ce qui concerne l’implantation d’un parc éolien au regard des ouvrages de transport de gaz naturels existants, la distance minimale à respecter entre ces ouvrages et une éolienne doit être supérieure ou égale à 2 fois la hauteur totale de l’aérogénérateur (longueur d’une pale ajoutée à la hauteur de la tour). Dans le cas du projet éolien de Beaune-d’Allier Eolien Energie cette distance est donc de 300 m. Par ailleurs, la société VOLTALIA qui porte le projet éolien a continué à échanger de manière soutenue avec le gestionnaire GRTgaz concernant le projet, la canalisation de gaz et les préconisations techniques nécessaires à la mise en place en toute sécurité d’aérogénérateurs au sein de la Zone d’Implantation Potentielle. Au cours de ces échanges une distance de sécurité de 160 m de part et d’autre de la canalisation MONTMAROULT – ST ELOY a été évoquée comme suffisante pour assurer la sécurité de l’ouvrage de GRTgaz. La société VOLTALIA s’engage à poursuivre ces échanges avec le gestionnaire de réseau afin de valider les préconisations techniques concernant l’implantation du projet éolien de Beaune-d’Allier Eolien Energie à proximité de la canalisation.

On ne recense aucune canalisation de transport d’hydrocarbures ou produits chimiques, ni aucune infrastructure d’assainissement (stations d’épurations...) au sein de l’aire d’étude de dangers. De plus, aucune ligne électrique HTB du gestionnaire de réseau RTE ne traverse les aires d’étude de dangers des trois éoliennes.

Au niveau des lignes électriques HTA, plusieurs tronçons de lignes sont identifiés au sein des aires d’étude de dangers des trois éoliennes. Ces lignes étant localisées à proximité des éoliennes E1 et E3, le porteur de projet a prévu de procéder à une mise en terre durant la phase de travaux. Ces lignes enterrées seront assorties d’une distance d’exclusion de 21 mètres (non aedificandi).

II.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Un château d’eau est présent au sein de l’aire d’étude de dangers des trois éoliennes. Ce château d’eau est situé au Sud des trois éoliennes, à l’Ouest de la route départementale RD4. Il n’a pas été observé d’autres ouvrages publics majeurs tels que les barrages, digues, bassins de rétention, ou autres au sein de la zone d’étude.

II.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

Les cartes présentées sur les pages qui suivent permettent de resituer les différents enjeux liés à l’environnement du projet du **projet du Parc éolien de Beaune d’Allier**, à savoir :

- La localisation des biens, infrastructures et autres établissements,
- Le nombre de personnes exposées par secteur (champs, routes, habitations...) dans un rayon de 500m autour des éoliennes.
- A titre indicatif, figurent aussi sur ces cartes les rayons des différents phénomènes de dangers qui seront détaillés dans les parties suivantes.

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. A noter que le détail des calculs du nombre de personnes exposées par type de scénario est quant à lui fourni en Annexe 2. Le tableau ci-dessous résume le nombre de personnes exposées comptabilisé⁴ pour chaque éolienne dans un rayon de 500m.

E1	E2	E3
35,37	8,58	19,87

Tableau 14 : Synthèse du nombre de personnes exposées dans un rayon de 500m par éolienne

⁴ Il convient de noter qu’un très léger écart peut apparaître (de l’ordre de 0.01 personne) entre les chiffres détaillés sur les cartographies de synthèse et ceux présentés dans les tableaux de détails de calculs annexés au présent rapport. Cet écart est induit par les arrondis, les chiffres les plus près de la réalité étant ceux des tableaux.

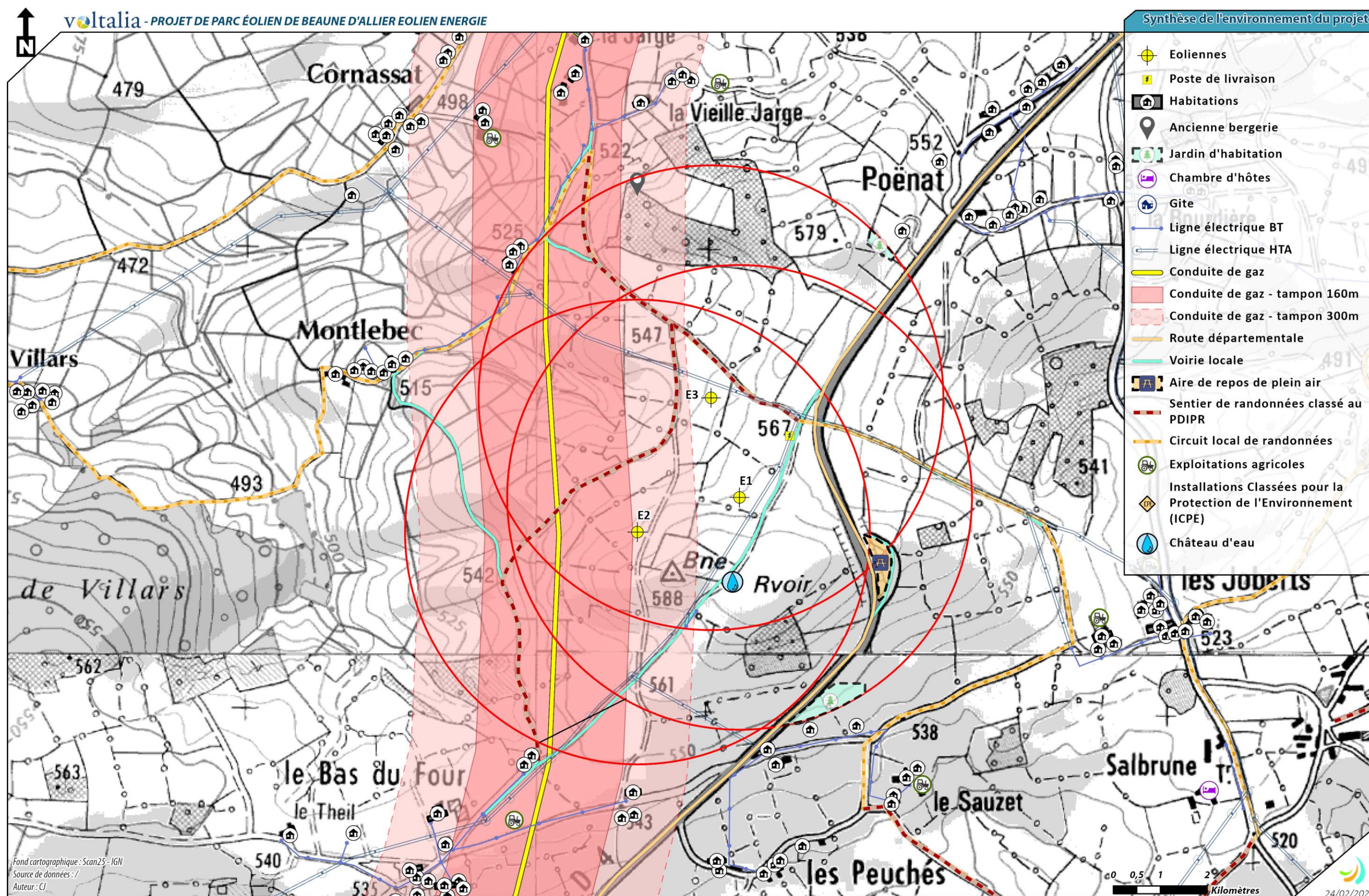


Figure 22 : Synthèse de l'environnement du projet

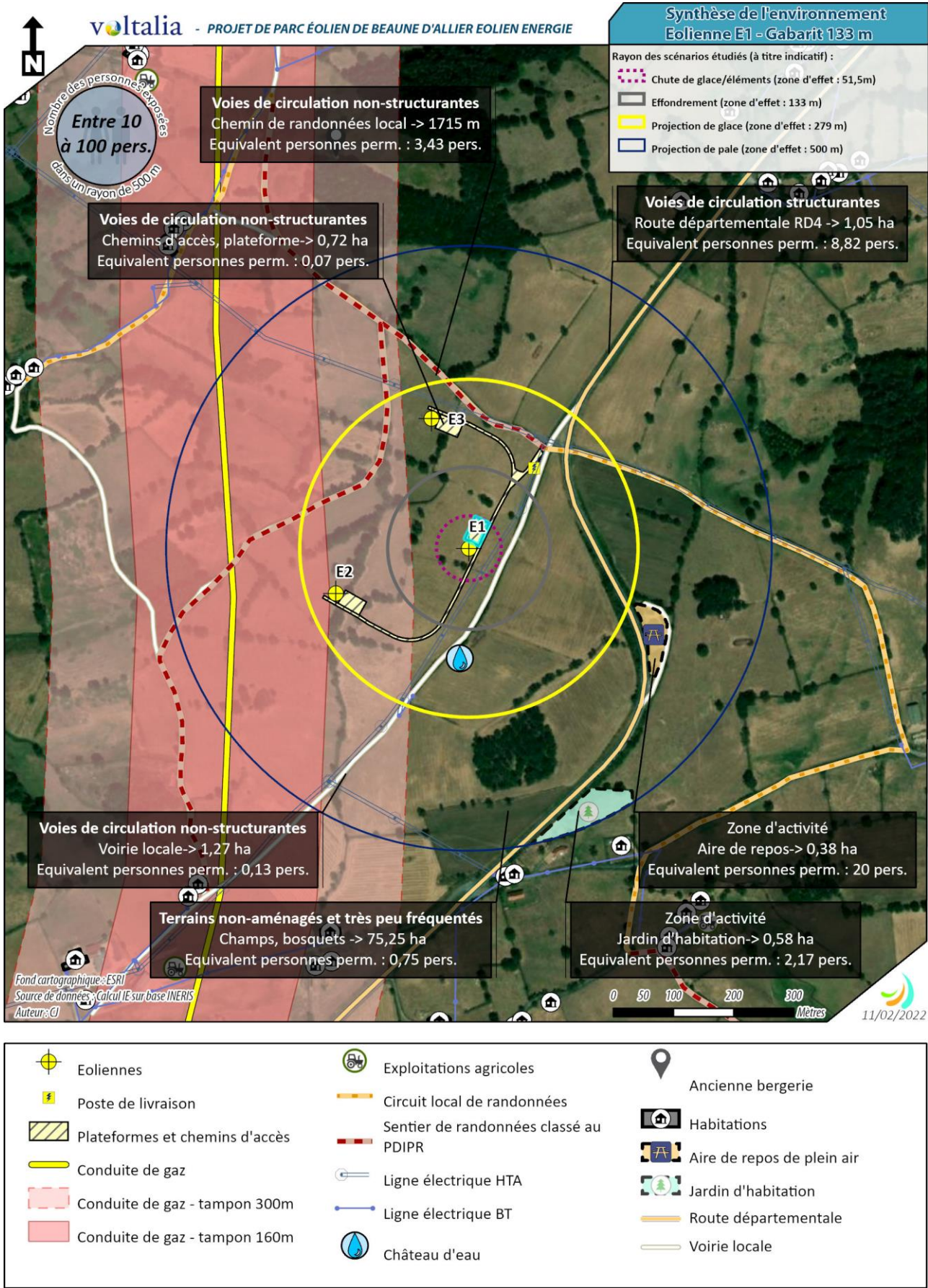


Figure 23 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E1

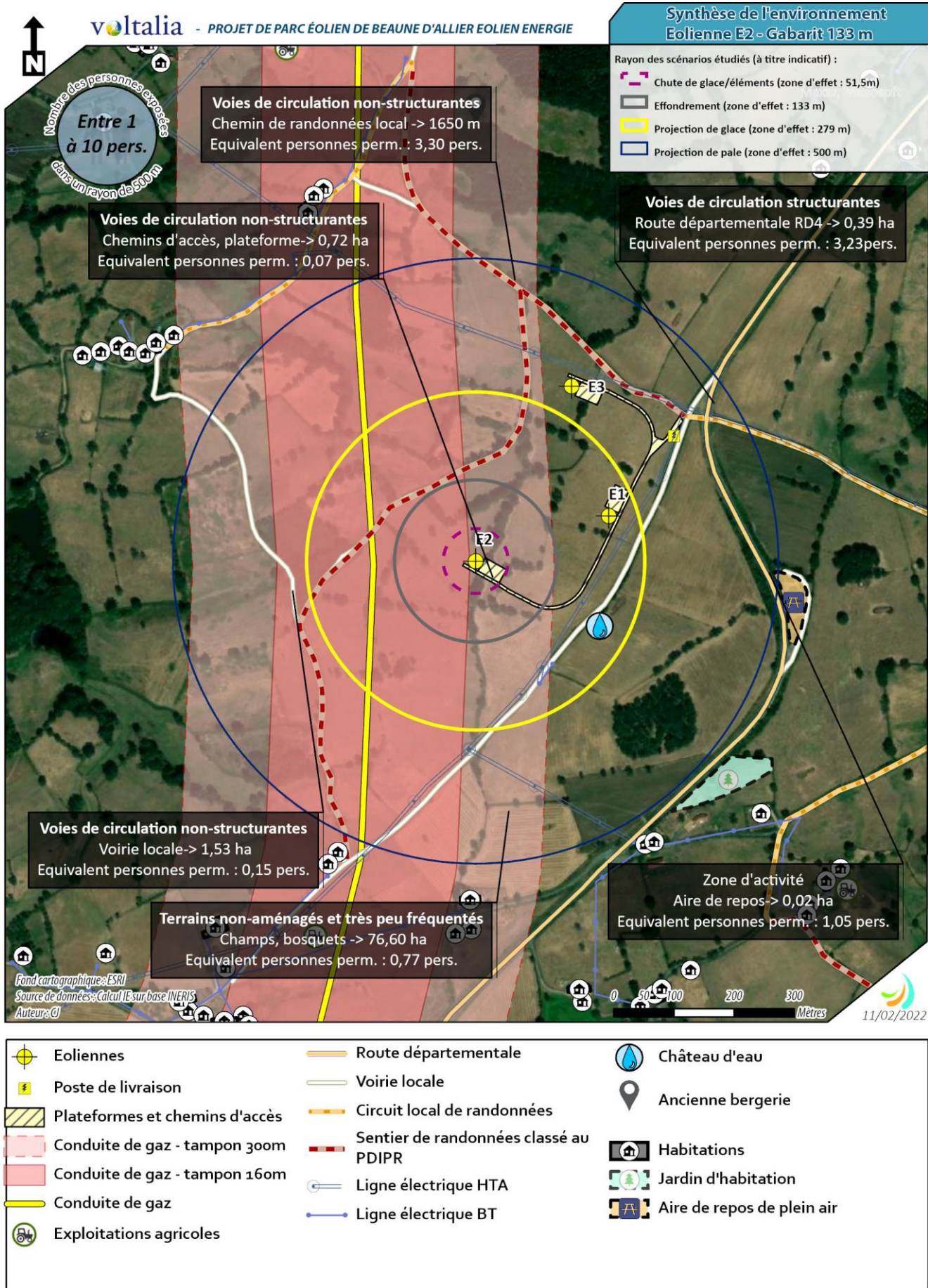


Figure 24 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E2

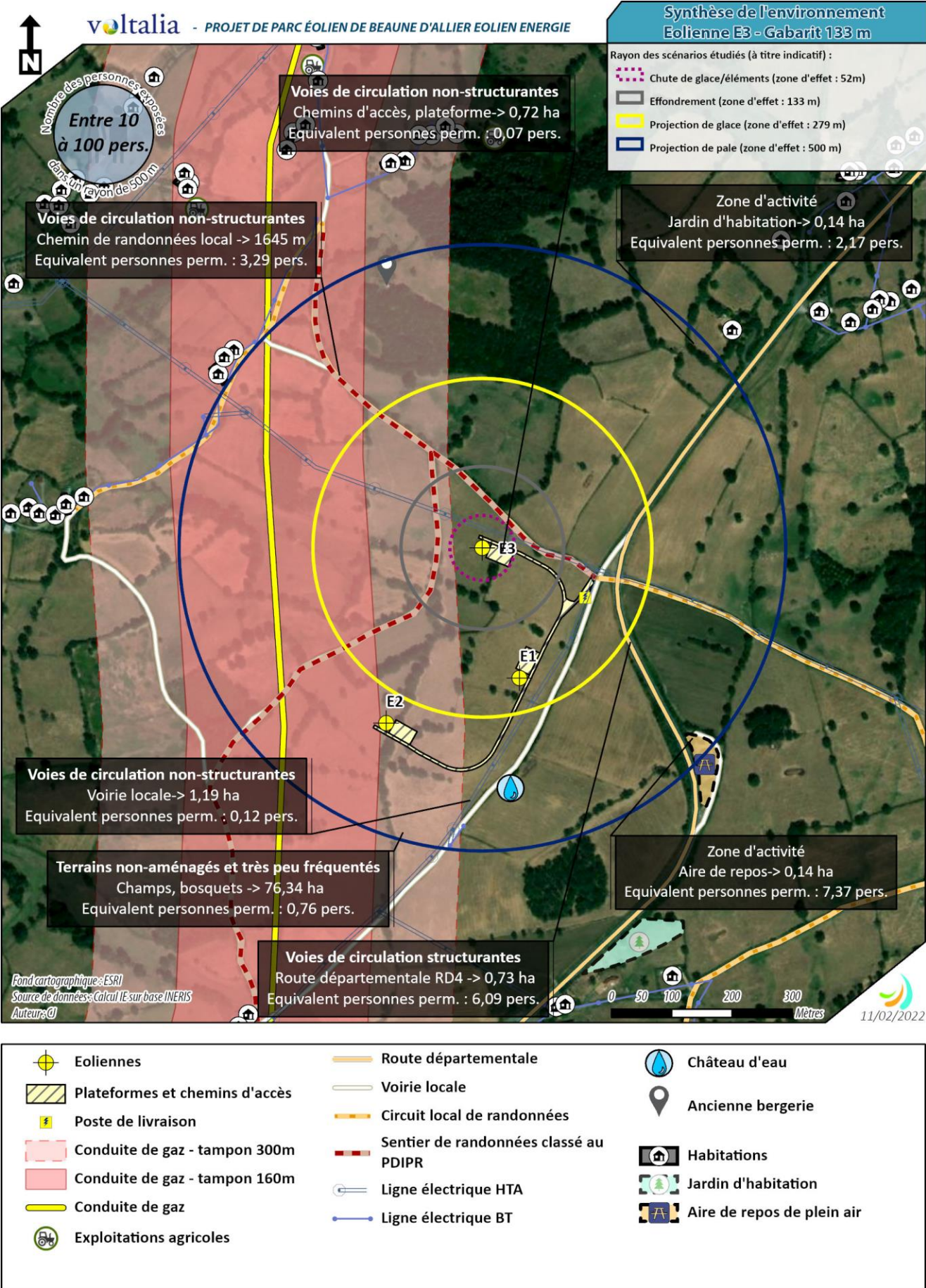


Figure 25 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E3

III. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

III.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

III.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 dédié) :

- 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 mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

III.1.1.1. Éléments constitutifs d'un aérogénérateur NORDEX

Au sens du 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 construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton 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 qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

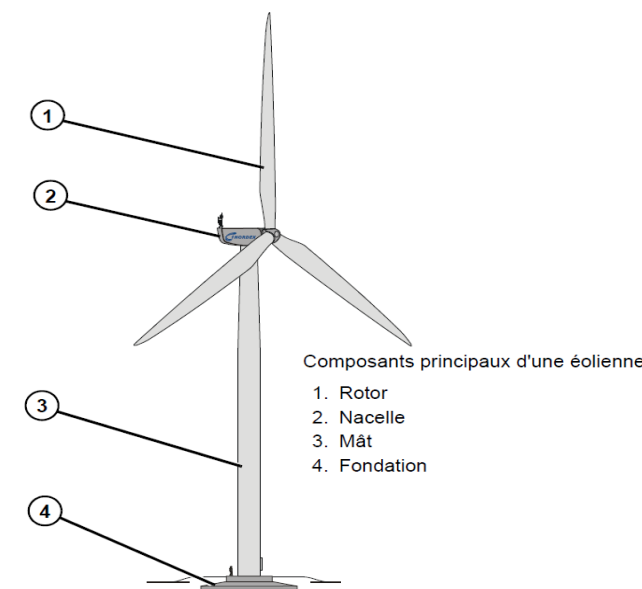


Figure 26 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

III.1.1.2. 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 remblai. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

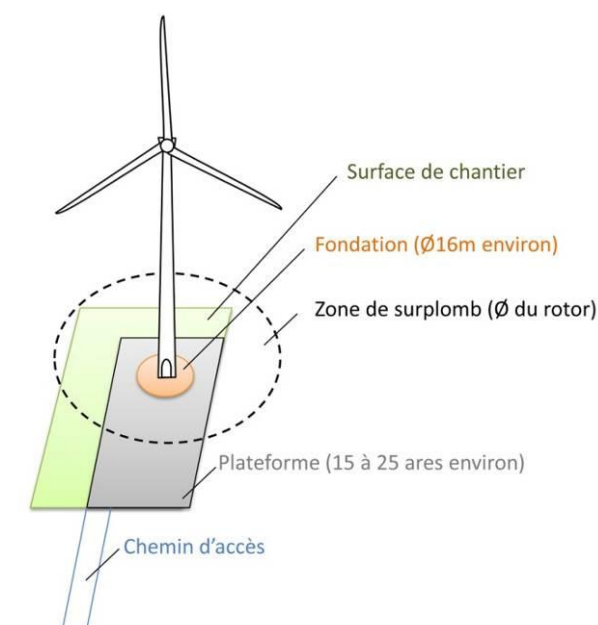


Figure 27 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

III.1.1.3. 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 éolien. Durant la phase 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).

III.1.2. ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du projet de **Parc éolien de Beaune d'Allier** est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 85 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement

III.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le projet de **Parc éolien de Beaune d'Allier** est composé de 3 aérogénérateurs d'une puissance unitaire comprise entre 2 à 3 MW (soit une puissance totale de 6 à 9 MW) et d'un poste de livraison. Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison dans les systèmes de coordonnées Lambert 93 et WGS 84 :

Tableau 15 : Coordonnées des éoliennes et du poste de livraison

	Commune	N° parcelle	Altitude NGF (sol)	Altitude NGF (bout de pale pour les éoliennes)	Coord. Lambert 93	Coord. WGS 84
E1	BEAUNE-D'ALLIER	ZR 39	557	690	X 690932,65 Y 6573687,77	E 2°52'56.2080" N 46°15'46.8360"
E2	BEAUNE-D'ALLIER	ZR 40	571	704	X 690711,55 Y 6573612,87	E 2°52'45.8699" N 46°15'44.3848"
E3	BEAUNE-D'ALLIER	ZR 39	572	705	X 690870,8 Y 6573903,54	E 2°52'53.2927" N 46°15'53.8153"
Poste de livraison	BEAUNE-D'ALLIER	ZR 39	569	572	X 691041,09 Y 6573820,61	E 2°53'1.2581" N 46°15'51.1351"

Le choix du modèle précis d'éoliennes qui sera installé sur ce parc éolien ne sera réalisé qu'une fois l'ensemble des autorisations nécessaires obtenues. Cela permettra de garantir le principe de mise en concurrence des fabricants d'éoliennes et de retenir, au moment de la construction du parc éolien, le modèle d'éoliennes le plus adapté aux conditions du site et le plus performant. Deux modèles ont été retenus à titre indicatif. Ces modèles sont les suivants :

- VESTAS V100 de 2 MW,
- GENERAL ELECTRIC GE103 de 3 MW.

Leurs caractéristiques générales sont présentées dans le tableau suivant :

Modèle d'éoliennes envisagés pour le projet éolien des Beaune d'Allier Eolien Energie							
Constructeur	Modèle	Puissance unitaire (MW)	Hauteur de moyeu (m)	Longueur de pale (m)	Hauteur totale (m)	Diamètre de de rotor (m)	Hauteur en bas de pale (m)
VESTAS	V100	2	83	49	130	100	33
GENERAL ELECTRIC	GE103	3	81,5	50.2	133	103	30

En gras : les données *minorantes* et les données *majorantes*

Dans le cadre de la présente étude, le modèle retenu pour les analyses se baseront sur des caractéristiques majorantes et permettra de se placer dans le cas du scénario le plus pénalisant. Le gabarit-type d'éolienne étudié disposera des dimensions hypothétiques suivantes :

- Une puissance unitaire jusqu'à 3 MW,
- Une hauteur de moyeu de 83 mètres maximum (hauteur de la tour seule d'environ 81 mètres et hauteur en haut de nacelle de 85 m),
- Un diamètre de rotor de 103 mètres maximum (soit un demi rotor de 51,5 m),
- Hauteur minimale entre le bas de pale et le sol de 30 mètres au minimum,
- Une hauteur totale (bout de pale) de 133 mètres maximum.

Afin de ne pas risquer de sous-évaluer les impacts, dangers et inconvénients de l'installation, ont été retenues pour chaque thématique les caractéristiques majorantes, plaçant ainsi l'évaluation dans une condition maximisante. Le plan disposé sur la page suivante permet de localiser les différents éléments composant le **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier** (éoliennes, postes de livraison, plateformes, chemins d'accès et câbles électriques).

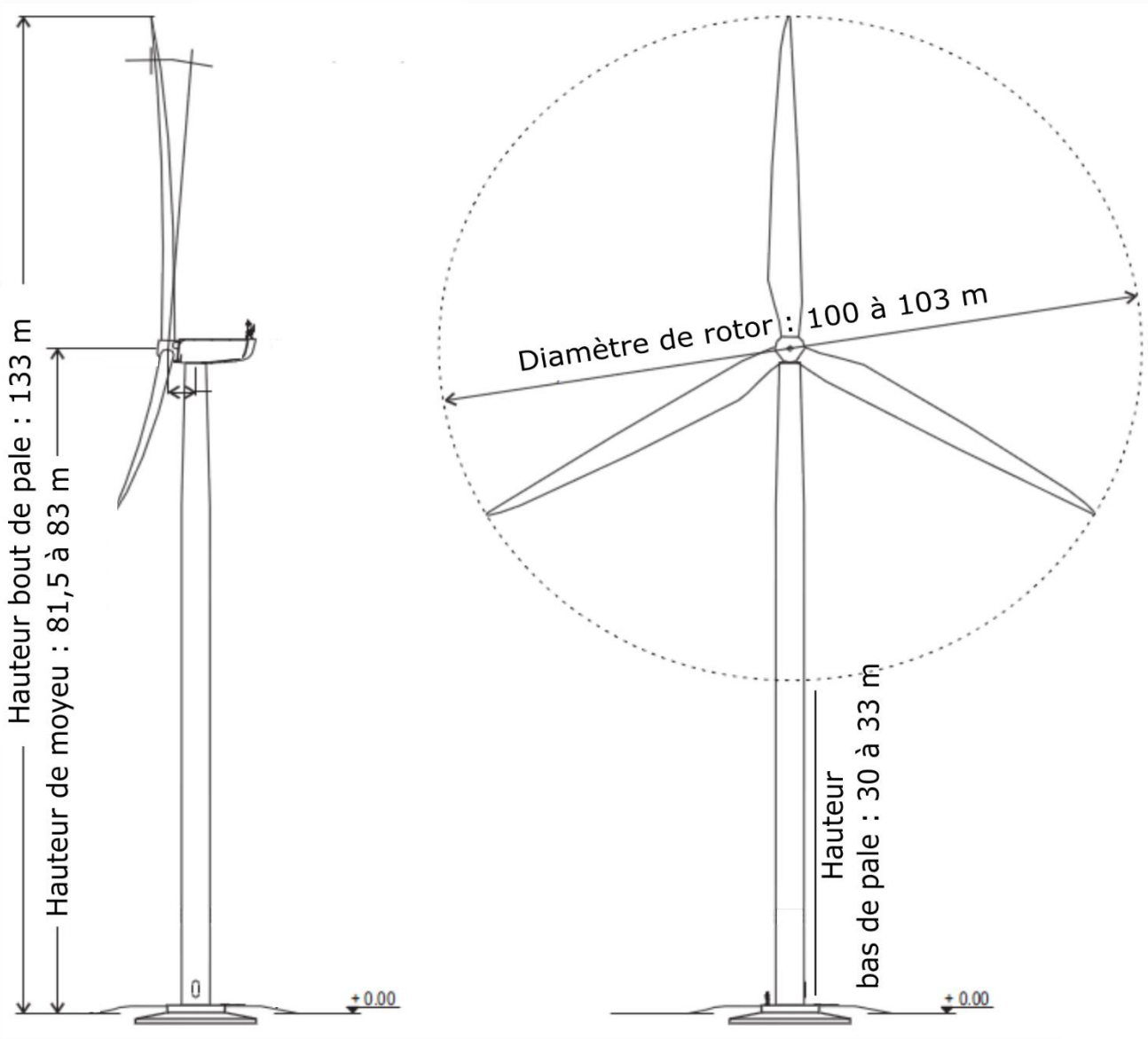


Figure 28 : Plan d'élévation du gabarit-type d'éolienne prévu

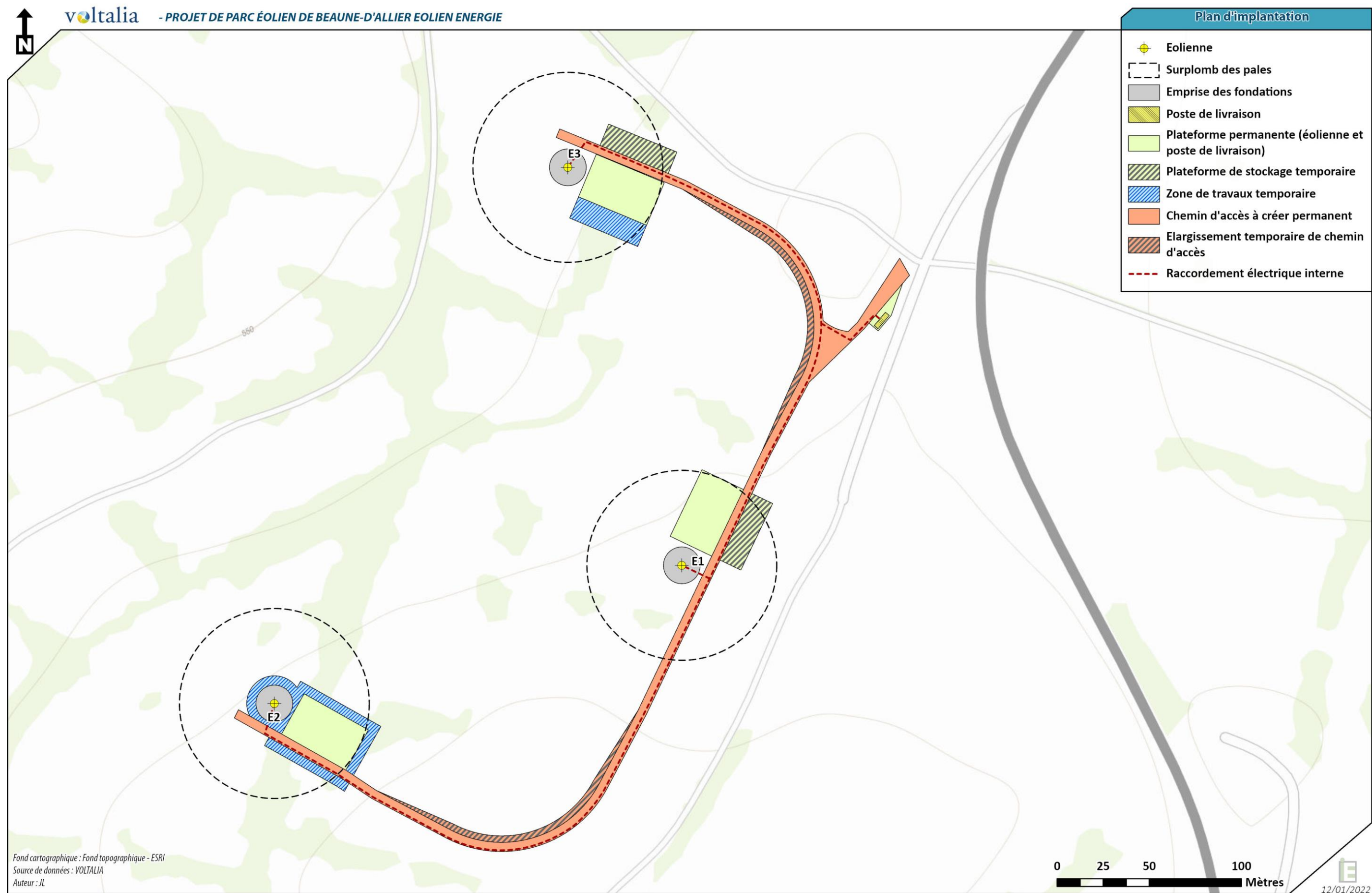


Figure 29 : Plan d'implantation du projet de Parc éolien de Beaune d'Allier

III.2. FONCTIONNEMENT DE L’INSTALLATION

III.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D’UN AÉROGÉNÉRATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l’anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d’environ 10 km/h et c’est seulement à partir de 12 km/h que l’éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l’arbre dit «lent» transmettent alors l’énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l’arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l’arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l’arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l’énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. 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.

Une présentation détaillée des différents éléments constitutifs du type d’aérogénérateur utilisé pour ce projet est effectuée au sein de l’étude d’impact. Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques des éoliennes retenues pour ce projet :

Tableau 16 : Description des différents éléments constitutifs du gabarit-type des éoliennes prévus		
Elément de l’installation	Fonction	Caractéristiques du gabarit-type retenu
Rotor / pales	Capter l’énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<i>Structure : Plastique renforcé en fibres de verre et fibres de carbone</i> <i>Nombre de pales : 3</i> <i>Longueur de pale : 49 à 50,2 m</i> <i>Diamètre du rotor : 100 à 103 m</i> <i>Surface balayée : 7 854 à 8 332 m²</i> <i>Type et sens de rotation : Orientation active des pales face au vent avec sens de rotation horaire</i>
	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	<i>Hauteur en haut de nacelle : entre 83,5 et 85 m</i> <i>Générateur asynchrone (avec multiplicateur)</i> <i>Système de régulation déterminant l’angle des pales</i> <i>Frein principal de type aérodynamique (orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours) et frein auxiliaire mécanique (frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide)</i> <i>Tension dans les armoires électriques : Entre 0 et 1 200 V.</i> <i>Poids : entre 70 et 90 tonnes</i>
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l’acheminement du courant électrique par le réseau	<i>Générateur de type asynchrone</i> <i>Positionnement : Intégré dans la nacelle</i> <i>Tension transformée : 20 000 V</i>

Elément de l’installation	Fonction	Caractéristiques du gabarit-type retenu
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	<i>Structure : Tubulaire acier (3 à 4 sections)</i> <i>Protection contre la corrosion : Revêtement multicouche résine époxy</i> <i>Diamètre de la base : environ 3,5 à 4,3 m</i> <i>Diamètre en haut : environ 2,3 à 3,1 m</i> <i>Hauteur du mât seul : 79,5 à 81 m</i>
		<i>Forme : Circulaire</i> <i>Nature : Béton armé</i> <i>Diamètre total* : 18,10 m</i> <i>Diamètre de la surface émergeant du sol : 6 m</i> <i>Profondeur* : environ 2,8 m</i> <i>Volume de béton : environ 386 m³</i>

* Le diamètre total et la profondeur des fondations peuvent être variables suivant la nature du sol (présence d’eau notamment).

III.2.2. SÉCURITÉ DE L’INSTALLATION – CONFORMITÉ AUX PRESCRIPTIONS DE L’ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 26 AOÛT 2011 MODIFIÉ

III.2.2.1. Règles de conception et système qualité

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l’installation sera effectuée au stade de l’analyse préliminaire des risques, dans la partie VII.6. Mise en place des mesures de sécurité. L’installation est conforme aux prescriptions de l’arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l’installation ainsi qu’aux principales normes et certifications applicables à l’installation (modifié par l’arrêté du 10 décembre 2021). Cela concerne notamment :

- Article 3 : Eloignement des habitations/zones d’habitations et installation nucléaire**
 ➔ Les éoliennes se situeront à plus de 500 mètres de toute construction à usage d’habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l’habitation telle que définie dans les documents d’urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 (Cf. II.1.1. Zones urbanisées). Par ailleurs, elles seront aussi situées à plus de 300m d’une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, ou d'une installation classée pour l'environnement relevant de l'article L. 515-32 du code de l'environnement.
- Article 4 : Protection des radars et aides à la navigation**
 ➔ Les éoliennes seront implantées de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens.

Pour les **radars de navigation maritime et fluviale**, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d’éloignement réglementaires indiquées ci-dessous, sauf si l’exploitant dispose de l’accord écrit de l’établissement public en charge de l’exploitation du radar.

		Distance minimale d’éloignement (en kilomètre)
Radar des ports (navigation maritime et fluviale)	Radar de centre régional de surveillance et de sauvetage	10
	Radar portuaire	20

Pour les **radars météorologiques**, deux périmètres sont définis autour des infrastructures. Pour le premier, dénommé « distance minimale d’éloignement », l’implantation est possible uniquement suite à la réalisation d’une étude des impacts cumulés prévue par le point 12° d de l'article D. 181-15-2 du code de l'environnement démontrant le respect des critères définis.

Pour le second, plus proche et dénommé « distance minimale de protection », en complément de l'étude des impacts cumulés, l'implantation est autorisée uniquement en cas d'avis conforme de l'établissement public chargé des missions de l'Etat en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens. Cet établissement public est en mesure de demander des compléments à l'étude des impacts cumulés si nécessaire.

		Distance de protection (en kilomètre)	Distance minimale d'éloignement (en kilomètre)
Radar météorologique	Bande de fréquence X	4	10
	Bande de fréquence C	5	20
	Bande de fréquence S	10	30

Pour les installations liées à l'aviation civile (radars et aides à la navigation), conformément au 1° de l'article R.181-32 du code de l'environnement, l'implantation des éoliennes demeure soumise à l'avis conforme du ministre en charge de l'aviation civile si elle est localisée en deçà des distances d'éloignement définies ci-dessous :

		Distance minimale d'éloignement (en kilomètre)
Radar de l'aviation civile	VOR (Visual Omni Range)	15
	Radar secondaire	16
	Radar primaire	30

Pour les installations militaires (radars et aides à la navigation), le principe reste celui selon lequel l'implantation d'aérogénérateurs demeure soumise à l'avis conforme de l'autorité militaire conformément au 3° de l'article R.181-32 du code de l'environnement. Les règles sont établies selon l'instruction n°1050/DSAE/DIRCAM relative aux traitements des dossiers obstacles.

	Distance d'exclusion	Distance nécessitant avis conforme de l'Armée
Radar et aide à la navigation militaire	5 km	70 km

D'après les données présentées dans le Schéma Régional Eolien d'Auvergne, la zone du projet n'est pas concernée par une zone de protection ou de coordination de radars fixes portuaires, météorologiques et de l'aviation civile.

Les services de Météo France et de l'Armée de l'Air, qui ont été consultés dans le cadre du projet de parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie, n'ont pour le moment pas apportés de réponse concernant la mise en place du projet. Toutefois, les informations à disposition ne mettent pas en évidence la présence de servitude radar sous leur gestion susceptible de contraindre le projet.

Les services de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), qui ont été consultés dans le cadre du projet, n'ont identifié aucune servitude radar susceptible de contraindre le projet.

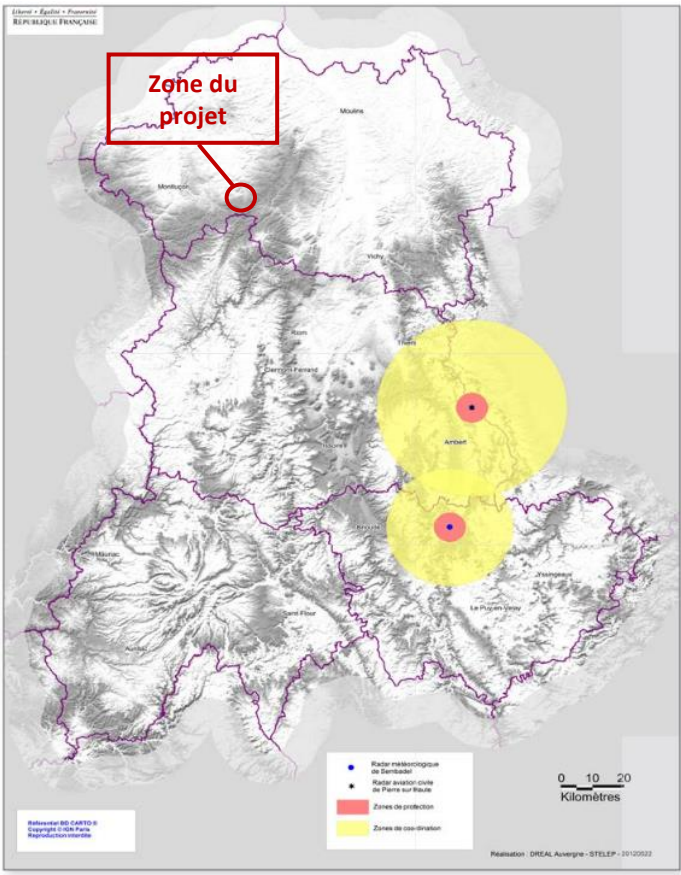


Figure 31 : Carte des contraintes des radars en Auvergne (Source : SRE d'Auvergne)

- **Articles 5&6 : Ombres projetées et champs électromagnétiques**
→ Non concerné par le cadre de l'étude de dangers (Cf. étude d'impact)
- **Article 7 : Accès extérieurs**
→ Le parc éolien disposera de voies d'accès carrossables entretenues permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.
- **Article 8 : Normes**
→ Les éoliennes prévues sont conformes à la norme NF EN 61 400-1 ou CEI 61 400-1 dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant la mise en service industrielle de l'installation. En outre l'exploitant dispose des justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation a fait l'objet du contrôle prévu à l'article R. 125-17 du code de la construction et de l'habitation.
- **Article 9 : Foudre**
→ Cf. Fonction de sécurité N°6 « Prévenir les effets de la foudre »
- **Article 10 : Installations électriques**
→ Les installations électriques internes seront conformes aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques non visées par la directive du 17 mai 2006, notamment les installations extérieures à l'aérogénérateur, seront conformes aux normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200 dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de l'ensemble des installations électriques, avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs.
- **Article 11 : Balisage**

→ Le balisage de l'installation sera conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile. Il respecte ainsi les dispositions exposées au sein de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

▪ **Article 12 : Suivi Avifaune/Chiroptères**

→ Non concerné par le cadre de l'étude de dangers (Cf. étude d'impact)

▪ **Article 13 : Accès interne aux installations**

→ Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont bien fermés à clef.

▪ **Article 14 : Affichage sécurité**

→ Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace (Cf. Fonction de sécurité N°2 « **Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace** »).

Par ailleurs, chaque aérogénérateur est identifié par un numéro affiché sur son mât en caractères lisibles. Ce numéro est identique à celui généré à l'issue de la déclaration issue de l'article 2.2 de l'arrêté du 26 août 2011.

▪ **Article 15 : Formation du personnel**

→ Le personnel amené à travailler sur le site éolien sera formé sur les risques présentés par l'installation, les moyens mis en œuvre pour les éviter et les procédures d'urgence à appliquer. La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, sont consignés dans un registre. Le registre contient également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place (Cf. Fonction de sécurité N°10 « **Prévenir les erreurs de maintenance** »).

▪ **Article 16 : Entretien – stockage de matériaux combustibles/inflammables**

→ L'entreposage de ce type de matériaux est interdit dans les éoliennes.

▪ **Article 17 : Procédure d'arrêt et survitesse**

→ Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

- un arrêt ;
- un arrêt d'urgence ;
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne pourra 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. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.

Avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs et des équipements connexes, les installations électriques visées à l'article 10 sont contrôlées par une personne compétente.

Par ailleurs elles sont entretenues, elles sont maintenues en bon état et elles sont contrôlées à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance visé à l'article 19.

▪ **Article 18 : Contrôle de l'aérogénérateur**

→ Trois mois puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, un contrôle de l'aérogénérateur est effectué (contrôle des brides de fixations, brides de mâts, fixations des pales, contrôle visuel du mât. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans. (Cf. Fonction de sécurité N°9 « **Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)** »).

Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt spécifiées dans les consignes établies en application de l'article 22 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse. L'exploitant tient à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps. Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnement.

▪ **Article 19 : Suivi maintenance/entretien**

→ L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté.

L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées.

▪ **Articles 20&21 : Déchets**

→ Non concerné par le cadre de l'étude de dangers (Cf. étude d'impact)

▪ **Article 22 : Consignes de sécurité du personnel**

→ Des consignes de sécurité sont déjà établies et portées à connaissance du personnel. Elles indiqueront :

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt (notamment pour les défauts de structures des pales et du mât, pour les limites de fonctionnement des dispositifs de secours notamment les batteries, pour les défauts de serrages des brides) ;
- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours ;
- le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes (procédures à suivre par les personnels afin d'assurer l'accès à l'installation aux services d'incendie et de secours et de faciliter leur intervention).

Les consignes de sécurité indiqueront également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sables, incendie ou inondation.

▪ **Article 23 : Détection incendie/survitesse**

→ Cf. Fonctions de sécurité N°4 « **Prévenir la survitesse** » et N°7 « **Protection et intervention incendie** ».

▪ **Article 24 : Lutte incendie**

→ Cf. Fonction de sécurité N°7 « **Protection et intervention incendie** ».

- **Article 25 : Détection glace**
→ Cf. Fonction de sécurité N°1 « Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace ».
- **Article 26, 27 & 28 : Bruit**
→ Non concerné par le cadre de l'étude de dangers (Cf. étude d'impact)

III.3. MOYENS DE SUIVI, DE SURVEILLANCE ET D'INTERVENTION PREVUS

Ce chapitre décrit les moyens de suivi et de surveillance de l'installation, et les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident, demandés par l'article R.181-13 4°.

L'installation sera conforme aux dispositions 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.

III.3.1. ORGANISATION DU SUIVI ET DE LA SURVEILLANCE PRÉVUS

Les aérogénérateurs et installations connexes disposent d'une série de capteurs mesurant en continu différents paramètres techniques. En cas d'anomalie, une alarme est déclenchée. Cette alerte peut se faire de manière automatique et quasi instantanée par les différents capteurs et instruments de mesure équipant l'éolienne (Cf. Chapitre Fonction de sécurité). Ces alarmes sont envoyées en fonction de leur niveau d'importance à l'exploitant et/ou au mainteneur.

A noter que les centres de contrôle collectant les données transmises par le système de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) équipant les éoliennes fonctionnent de manière continue, 24h/24h. Le personnel en charge de l'exploitation est soumis à une astreinte afin de garantir une continuité dans le suivi et un soutien technique ou opérationnel immédiat en cas de besoin. Le personnel d'astreinte est formé aux situations d'urgence et dispose de protocoles à suivre en cas de sinistre.

En cas de détection d'un incident pas un tiers, les panneaux d'information permettent au témoin de contacter les intervenants et de localiser avec précision le lieu de l'incident.

Tout au long de la vie du parc éolien, des échanges réguliers sont effectués entre le maître d'ouvrage et les services de secours.

III.3.2. MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'INCIDENT ET D'ACCIDENT

III.3.2.1. Accident/Incident lors de la maintenance

Lors d'un incident survenant pendant une opération de maintenance et impliquant le personnel de l'installation, les techniciens disposent de moyens d'intervention immédiate, tels que des extincteurs et des kits anti-pollution, et d'alerte en cas de blessure. Tous les aérogénérateurs ont un système d'étiquetage des dangers dans les nacelles et les mâts des éoliennes.

Cet étiquetage prévient les risques de chutes, d'écrasement, d'électrocution et d'incendie dans les machines. De plus, chaque machine est pourvue d'un plan d'évacuation, d'une ou plusieurs trousse de premiers secours et d'un panneau indiquant les numéros et lieux des médecins, hôpitaux et urgences les plus proches ainsi que le numéro de la personne responsable à appeler en cas d'urgence. Le personnel de maintenance dispose également de la formation aux premiers secours.

III.3.2.2. Accident/Incident sur l'installation

En cas de nécessité, l'intervention du Service Départemental Incendie Secours (SDIS) sera sollicitée. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA). Après analyse de la situation, ce dernier transmet automatiquement l'alerte aux sapeurs-pompiers (volontaires ou professionnels) les plus proches de l'intervention et disposant des moyens nécessaires, en relation avec l'importance du sinistre. Pour un projet défini, la désignation d'une caserne et d'un temps d'intervention moyen reste en revanche un exercice compliqué, le choix étant opéré le moment venu par les opérateurs en fonction de différents paramètres (équipe à proximité, autres interventions en cours...).

→ A titre informatif, sur la figure ci-après sont représentés sur les centres de secours situés à proximité du projet. Le plus proche est celui de Montmarault situé à 9 km environ.



Figure 32 : Exemple de panneau d'information permettant l'alerte des secours



Figure 33 : Localisation des casernes de pompiers et centres de secours autour du projet

Les opérations de secours et les communications sont alors coordonnées, en temps réel, par le personnel du Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours (CODIS). Situé dans les mêmes locaux que le CTA, le CODIS veille à la synchronisation des moyens humains et matériels puis engage, si nécessaire, des renforts disponibles dans les Centres d'Incendies et de Secours (CIS). Les opérateurs du CODIS informent l'Etat-Major du Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) et les autorités de tutelles. Les opérateurs sont ainsi en liaison avec le centre 15, les forces de l'ordre, police ou gendarmerie, la mairie ou la préfecture, le Conseil Départemental en fonction du lieu et de l'importance du sinistre ou de l'accident.

Tout au long de l'intervention, des échanges réguliers sont opérés entre les services de secours mobilisés et le personnel en charge de l'exploitation du parc éolien afin de définir les moyens de protection à mettre en œuvre sur le site afin de limiter les risques.

Ainsi, si besoin l'exploitant peut par exemple, à distance, stopper les éoliennes et les découpler du réseau. Il convient de souligner que ces mesures peuvent aussi être prises sur demande du SDIS en cas d'événement extérieur à l'installation, comme par exemple lors d'un incendie à proximité du site afin de faciliter le largage d'eau par des canadiers.



Figure 34 : Exercice de sauvetage par les pompiers sur une éolienne (Source : SDIS17, Ouest-France, Le Télégramme)

III.3.3. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Les opérations de maintenance de l'installation seront conformes aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées [9] en matière d'exploitation. Elles seront réalisées par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Celui-ci connaîtra de plus les procédures à suivre en cas d'urgence et procédera à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

Il s'agira notamment d'effectuer :

- un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre suivant une périodicité qui ne peut excéder six mois.
- un entretien visant à maintenir en bon état et propres les installations électriques ainsi que l'intérieur de l'aérogénérateur. Ces installations seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.
- 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 suivant une périodicité qui ne peut excéder un an.
- un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât trois mois, puis un an après la mise en service industrielle puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans. Ce contrôle se fera ensuite suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans.
- un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité selon une périodicité qui ne peut excéder un an.

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté. L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées.

En phase exploitation, une maintenance prédictive et préventive des éoliennes sera mise en place. Celle-ci porte essentiellement sur l'analyse des niveaux d'huile, l'analyse vibratoire des éléments en mouvement et l'analyse électrique des éoliennes. La maintenance préventive des éoliennes a pour but de réduire les coûts d'intervention et d'immobilisation des éoliennes. En effet, grâce à la maintenance préventive, les arrêts de maintenance sont programmés et optimisés afin d'intervenir sur les pièces d'usure avant que n'intervienne une panne. Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts. Une première inspection est prévue au bout de 3 mois de fonctionnement des éoliennes. Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.

Enfin, une maintenance curative est prévue dès lors qu'un défaut a été identifié lors d'une analyse. Les techniciens de maintenance éolienne se chargent alors de réparer et de remettre en fonctionnement les machines lors des pannes et assurent les reconnections aux réseaux.

III.3.4. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun produit combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes du **Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**.

III.3.5. AUTRES RÉSEAUX

Par ailleurs, le **Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie** ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

IV. RACCORDEMENT ELECTRIQUE ET CONFORMITE

IV.1. RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

Le raccordement électrique d'un parc éolien se compose de plusieurs éléments :

- le réseau interne qui relie les éoliennes au(x) poste(s) de livraison ;
- le(s) poste(s) de livraison ;
- le raccordement externe qui relie le(s) poste(s) de livraison au réseau électrique public existant.

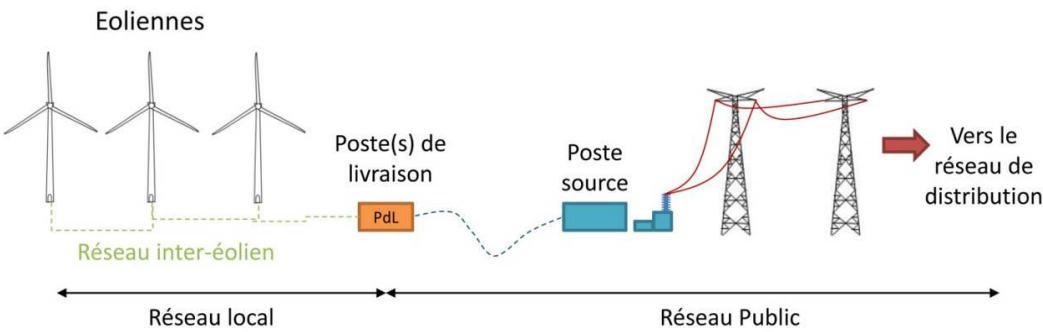
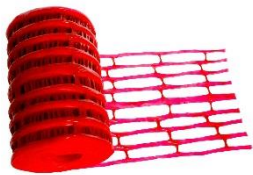


Figure 35 : Raccordement électrique des installations

III.2.1.6. Le raccordement interne : des éoliennes au poste de livraison

Ce raccordement électrique interne est composé de plusieurs éléments :

- une ligne ou deux lignes de câbles Moyenne Tension (MT) permettant l'évacuation de l'électricité produite par les éoliennes,
- un câble de Fibre Optique (FO) permettant la liaison entre les éoliennes et le centre de pilotage via le système SCADA,
- un filet avertisseur positionné au-dessus des câbles MT pour avertir lors d'éventuels travaux (Cf. image ci-contre).



Concernant le câble de Moyenne Tension (MT), la coupe ci-dessous fournie un aperçu de sa composition :

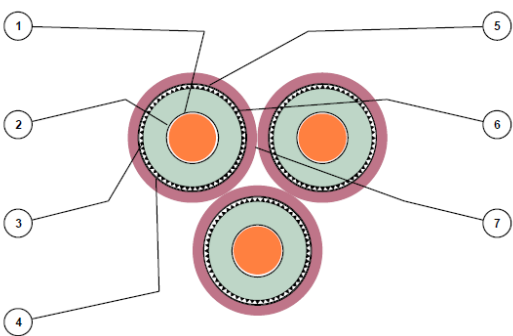


Figure 36 : Exemple de câbles MT pour raccordement électrique interne

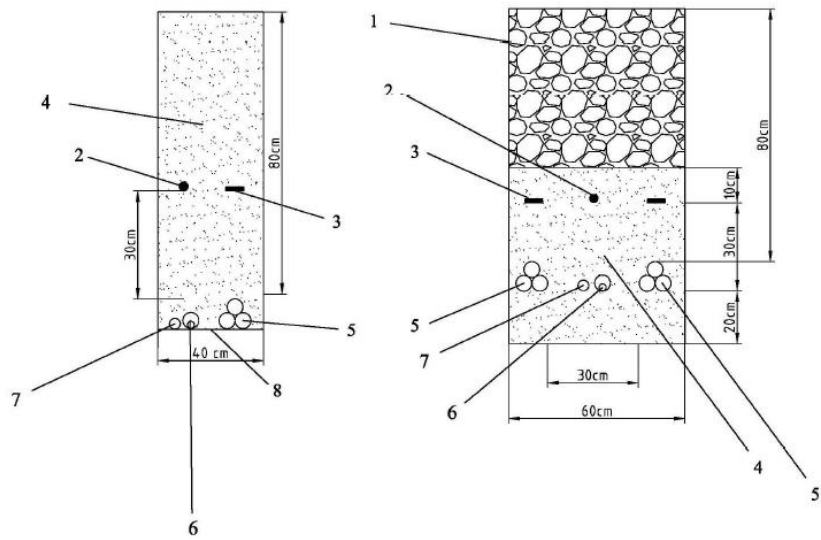


Figure 37 : Exemple de câble de raccordement électrique interne type NF C33-226

Le schéma ci-dessous présente deux coupes-types de tranchées possibles pour le raccordement électrique interne d'un parc éolien :

Liaison simple en terre agricole

Liaison double sous voirie



- 1 – Sol compacté
 2 – Câble conducteur en cuivre pour mise en terre (en option et non utilisé actuellement)
 3 – Filet avertisseur
 4 – Sol exempt de toute pierre (exemple : sable)
 5 – Câbles de moyenne tension (MT)
 6 – Câble de fibre optique (FO)
 7 – Câble de basse tension (BT)
 8 – Fond de tranchée exempt de toute pierre

Figure 38 : Coupe type de tranchées utilisées pour le raccordement électrique interne du parc éolien

Le raccordement électrique des éoliennes jusqu'au poste de livraison, réalisé par le maître d'ouvrage, représentera une distance de câble enterré d'environ **755** mètres. L'itinéraire probable du raccordement est présenté sur le plan d'implantation disposé précédemment dans ce rapport ainsi que sur le plan présenté ci-après.

Tableau 17 : Longueur de câble posé pour chaque section du raccordement

Section	Longueur de câble (m)
Section principale raccordant E1, E2 et E3	697
E1 vers section principale	17
Section principale vers le PDL	41
Total	755

Le cheminement du raccordement interne empruntera le tracé des chemins d'accès qui seront créés pour l'accès aux plateformes des éoliennes et du poste de livraison. Le passage de câble fera l'objet des procédures de sécurité en vigueur. En cas de passage sous les voies de circulation, des mesures de sécurité seront prises afin de garantir la sécurité des ouvriers et celle des automobilistes (ex : signalisation, circulation alternée...). Suite aux travaux, la voirie sera restaurée au-dessus de l'emprise de la tranchée réalisée.

Par ailleurs, conformément à l'arrêté du 26 août 2011, il est rappelé que les installations électriques extérieures respecteront les normes :

- NFC 15-100 (version compilée de 2008) - Installations électriques à basse tension,
 - NFC 13-200 (version de 2009) - Installations électriques à haute tension.

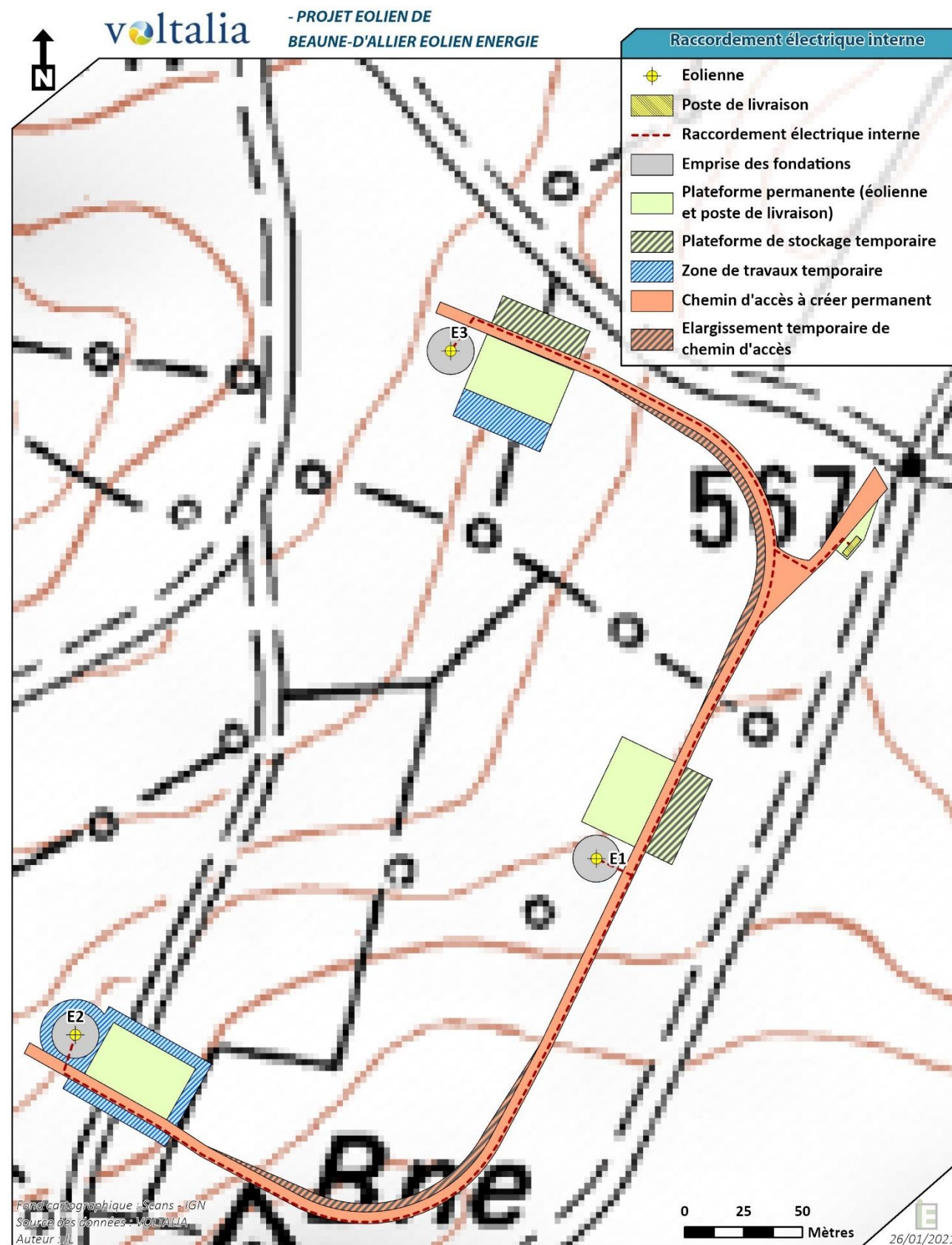


Figure 39 : Plan de raccordement électrique interne

III.2.1.7. Le poste de livraison : l'interface entre le parc éolien et le réseau électrique public

Le poste de livraison est le récepteur de la production électrique du parc. Il constitue donc le nœud de raccordement de l'ensemble des éoliennes, avant que l'électricité ne soit injectée sur le réseau électrique public. Il est donc à l'interface entre le parc éolien et son réseau électrique interne, et le réseau électrique public. Il marque ainsi la limite entre le réseau de l'exploitant du parc éolien et le réseau de l'opérateur national ou régional (ENEDIS). Il permet également de comptabiliser la quantité d'énergie apportée au réseau par le parc.

Cet équipement est souvent séparé en trois compartiments distincts : le premier est dédié au local HTA et contient les éléments de protection ainsi que ceux permettant de respecter les contraintes de raccordement au réseau électrique public. La tension limitée de cet équipement est de l'ordre de 20 000 Volts, ce qui correspond à la tension des lignes électriques sur pylônes ERDF bétonnés standards. Le second compartiment abrite un bureau ainsi que les éléments de télécommunication du parc éolien : SCADA PC... Le troisième compartiment est dédié aux filtres passifs. Ce local est maintenu fermé et des contacteurs de porte permettent de prévenir en cas d'intrusion.

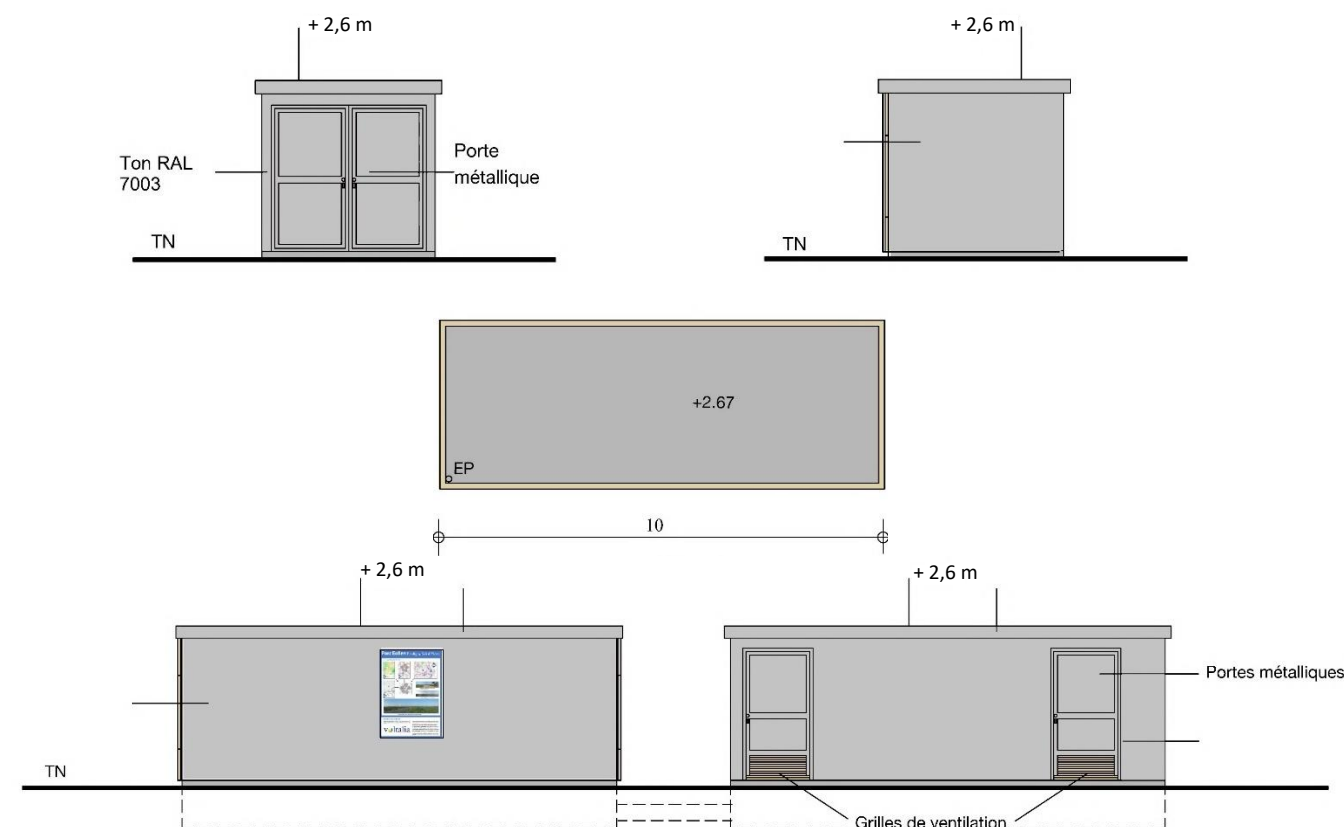


Figure 40 : Coupe-type du poste de livraison (Source : VOLTALIA)

Sa localisation varie en fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée. Le poste doit être accessible en voiture pour la maintenance et l'entretien. Des critères paysagers peuvent aussi entrer en ligne de compte afin d'intégrer au mieux ces éléments dans le paysage.

Dans le cas du **projet éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie**, le poste de livraison sera implanté à l'entrée du site, à proximité d'un carrefour entre deux chemins communaux et plus particulièrement en bordure de la petite section de chemin d'accès à créer amenant vers le réseau de voiries à créer pour accéder aux éoliennes. Il se situe à plus de 160 m au Nord-Est de E1 et au Sud-Est de E3. Ce poste de livraison sera muni d'une plateforme stabilisée de 127 m².

Tout le matériel installé répond aux normes NFC13-100 et NFC13-200. Le poste de livraison disposera par ailleurs d'extincteurs CO₂.

III.2.1.8. Le raccordement externe : du poste de livraison au réseau électrique public

Le tracé et les caractéristiques de l'offre de raccordement seront définis avec précision lors de l'étude détaillée, qui ne pourra être réalisée par le gestionnaire de réseau qu'après obtention de l'Autorisation Environnementale. Deux types de raccordements peuvent être envisagés :

✓ Raccordement via un poste électrique existant du réseau de transport ou de distribution

La solution de raccordement envisagée par défaut par les gestionnaires de réseaux est celle du raccordement au poste du réseau public d'électricité le plus proche pouvant accueillir la production (communément appelé « poste-source »). En fonction de leur puissance, les parcs éoliens peuvent ainsi être raccordés au réseau public de distribution (géré par ERDF ou un distributeur non nationalisé local) ou de transport (géré par RTE). Dans certains cas, il peut être envisagé de scinder un parc éolien de grande taille pour le raccorder grâce à plusieurs postes de livraison à un Réseau Public de Distribution.

✓ Raccordement direct au réseau existant

D'autres parcs, du fait de leur situation et des caractéristiques locales des réseaux publics, peuvent être préférablement raccordés sur le réseau existant (au niveau d'une ligne ou d'un câble). Dans ce cas de figure, deux solutions sont envisageables :

- Soit une connexion directe à une ligne Haute Tension du Réseau Publique de Transport (RPT) géré par Réseau de Transport de l'Electricité (RTE),
- Soit une connexion via un nouveau poste-source créé en « coupure » sur le réseau existant.

Pour le projet du **Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie**, la solution envisagée pour le raccordement externe à ce stade du projet concerne le poste-source de « COMMENTRY ». Cette installation se situe sur la commune de COMMENTRY à 10,2 kilomètres à l'Ouest/Nord-Ouest du projet. Les caractéristiques du poste-source de « COMMENTRY » sont décrites dans le tableau ci-après.

Tableau 18 : Caractéristiques du poste-source de « COMMENTRY » auxquels pourrait être raccordé le projet (Source : RTE/ENEDIS)

Département	Poste source	Capacité d'accueil réservée au EnR au titre du S3REnR (MW)	Puissance des projets EnR en file d'attente (MW)	Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR qui reste à affecter (MW)	Quote-Part S3REnR (k€/MW)
03	COMMENTRY	15,0*	0,4	1,4	52,88

* La valeur de la capacité réservée a été modifiée sur ce poste : Arrêtés modificatifs du S3REnR Auvergne du 12/08/2014 et du 27/02/2014, Transfert de +1,5MW le 15/09/2017 - Transfert de +10MW le 15/10/18 - Transfert de +0.5MW le 27/03/20.

Selon le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables, la capacité d'accueil réservée du poste-source est actuellement insuffisante pour accueillir le projet du **Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie**. Des travaux devront donc être réalisés afin de permettre l'accueil de la production électrique du parc éolien. Par ailleurs, précisons que les files d'attente et les travaux de renforcement effectués sur le réseau peuvent amener à une modification de ces données prochainement. A noter de plus que la quote-part fixée par le S3REnR est 52,88 €/MW que l'exploitant du parc se chargera de souscrire. Par ailleurs, il convient de préciser que les gestionnaires de réseaux électriques ont mené des études dans le cadre de la révision du schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR) d'Auvergne-Rhône-Alpes. L'objectif est d'adapter le réseau électrique de la Région à l'horizon 2030 pour accompagner la transition énergétique encadrée par la Programmation pluriannuelle de l'énergie et par la région dans le SRADDET. Pour le moment ce document est en phase de concertation en vue d'une adoption au cours de l'année 2021. L'exploitant du parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie s'engage toutefois à souscrire à une hypothétique nouvelle valeur de la quote-part.

Le tracé du raccordement électrique externe du parc éolien jusqu'au poste-source sera donc défini lors de l'étude définitive qui sera réalisée par ENEDIS une fois l'autorisation obtenue. Si ce dernier ne peut être à ce jour présenté, le tracé pressenti est toutefois proposé sur la carte présentée ci-après.

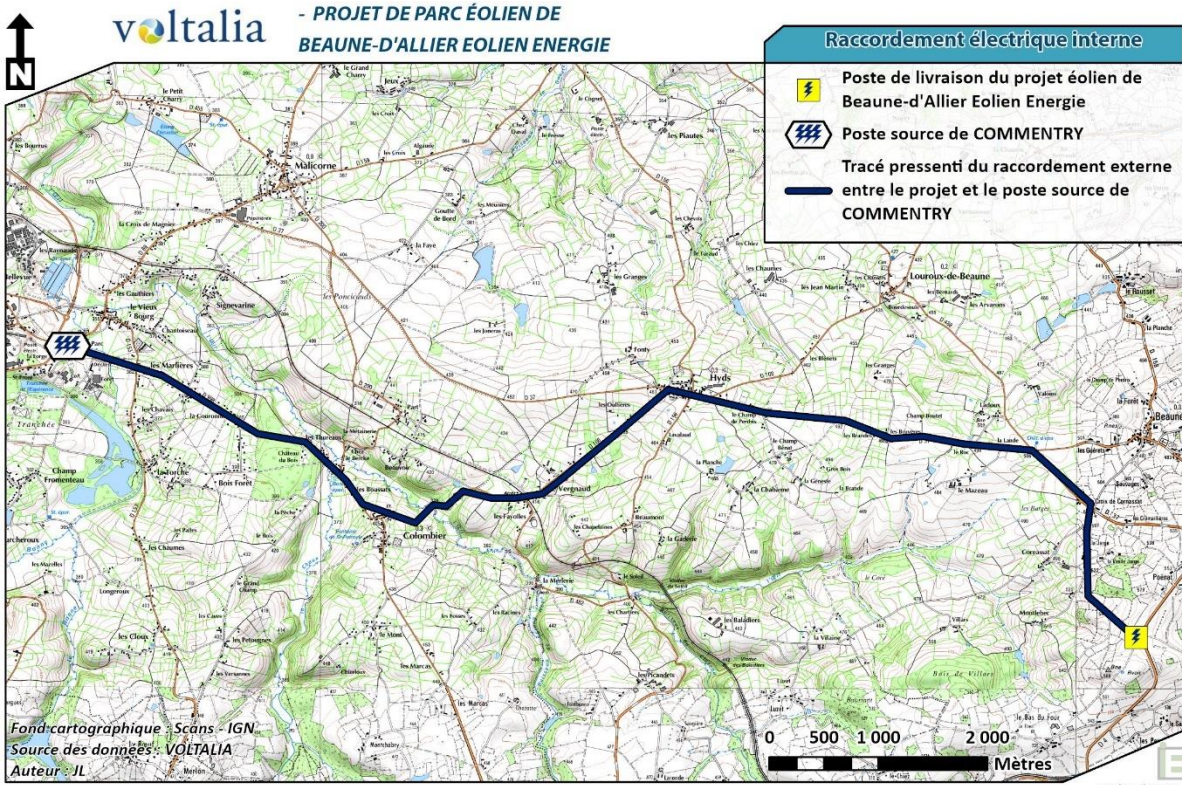


Figure 41 : Tracé pressenti pour le raccordement électrique externe

Il est fort probable que ce dernier soit réalisé essentiellement sous voirie à l'aide d'une trancheuse comme illustré ci-après. Dans ce cadre, il n'est actuellement pas attendu d'impact compte tenu de son passage sous voirie existante.

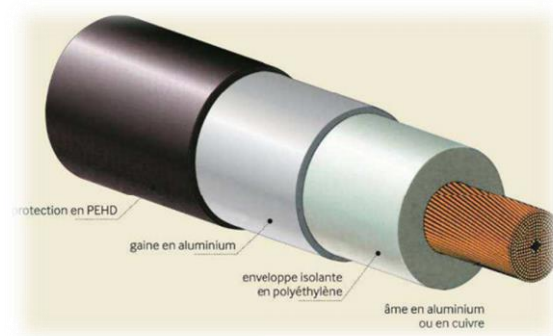


Figure 42 : Illustration d'un passage de câbles électriques sous voirie (Source : La Voix du Nord, Ouest France)

Le passage de câble fera l'objet des procédures de sécurité en vigueur. Pour la traversée des départementales et des voies communales, des mesures de sécurité seront prises afin de garantir la sécurité des ouvriers et celle des automobilistes. A noter qu'une circulation alternée sera mise en place pour la traversée des routes.

Le câble sera enterré en tranchée selon les standards du gestionnaire de réseau.

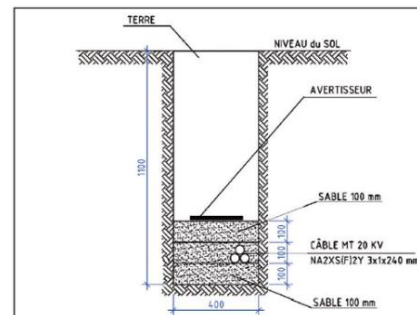
Figure 43 : Exemple de câble de raccordement électrique souterrain
(Source : RTE)



Pour ces tranchées de raccordement externe, si les détails techniques ne sont pas encore connus, il est généralement envisagé les caractéristiques énoncées ci-dessous :

- une largeur de 40 cm,
- une profondeur totale de tranchée de 1,10 m,
- une épaisseur de sable à amener de 20 cm.

Figure 44 : Vue en coupe de la tranchée de liaison électrique au poste source



IV.2. SÉCURITÉ ET ENGAGEMENT DU PORTEUR DE PROJET

- **Le respect des règles de l'art**

Les installations seront exécutées conformément aux dispositions des articles L.323-1 et R.323-28 du Code de l'Énergie et selon les règles de l'art. Elles répondront aux prescriptions du dernier Arrêté Interministériel connu, déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les lignes d'énergie électrique (Arrêté du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 avril 2002 et celui du 10 mai 2006).

- **Contrôle de conformité**

En référence à l'article R.323-40 du Code de l'Énergie et à l'arrêté du 25 février 2019 relatif aux modalités du contrôle de conformité, le porteur de projet s'engage à diligenter un contrôle de conformité.

- **L'information auprès de l'INERIS**

Le porteur de projet atteste s'être fait connaître auprès de l'INERIS qui gère le « guichet unique » en application des dispositions des articles L.554-1 à L.554-4 et R.554-1 et suivants du code de l'environnement, qui sont relatives à la sécurité des travaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport et de distribution.

IV.3. DÉCLARATION DE TRAVAUX ET DECLARATION D'INTENTION DE COMMENCEMENT DE TRAVAUX

Avant la phase de travaux, une Déclaration de Travaux (DT) et une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) seront réalisées par le porteur de projet afin que le maître d'œuvre identifie les différents réseaux à prendre en considération et les prescriptions qui leurs sont associées.

V. 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, seront traitées dans l'analyse de risques.

V.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.

Toutefois, comme dans tout parc éolien, des produits seront utilisés pour le bon fonctionnement des installations, leur maintenance et leur entretien. Il s'agit notamment de :

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

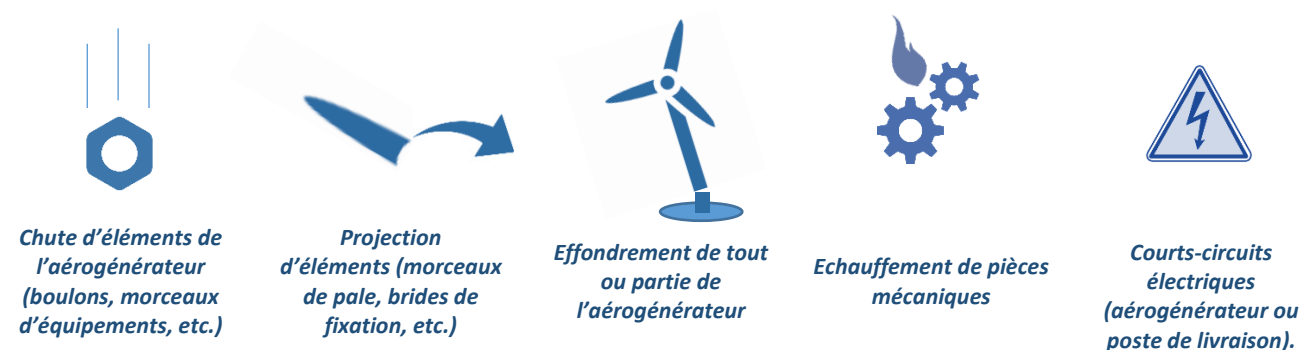
Le choix du modèle d'aérogénérateur n'étant pas encore acté, il ne nous est pas possible de lister avec précision l'ensemble des produits concernés. Il s'agit pour la grande majorité de graisses et lubrifiants permettant le bon fonctionnement des machines et qui sont rarement considérés comme substance dangereuse au titre de la Directive Européenne 1999/45/CE.

La nature de ces produits ainsi que leur volume limité rendent le potentiel de danger négligeable, d'autant plus que des mesures sont prévues en cas de pollution et d'incendie (Cf. Fonctions de sécurité N°7 « **Protection et intervention incendie** » et N°8 « **Prévention et rétention des fuites** »).

Il est de plus rappelé que, 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.

V.2. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du projet de **Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie** sont de cinq types :



Ces dangers potentiels sont recensés dans la figure suivante.

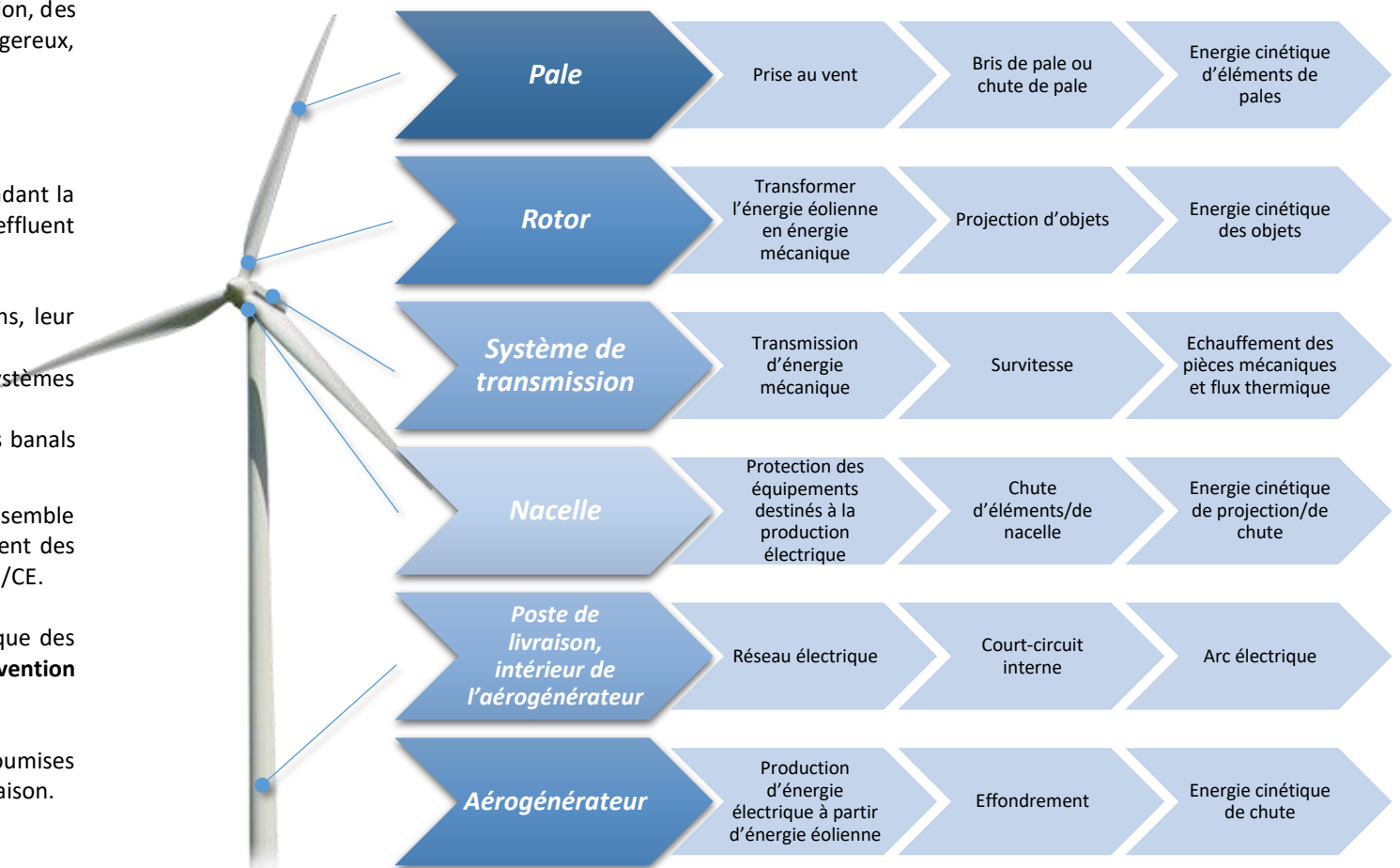


Figure 45 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

V.3. RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

V.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

V.3.1.1. Réduction des dangers liés aux produits

Comme évoqué précédemment, les produits présents dans les éoliennes modernes sont ceux classiquement utilisés dans ce type d'activité : huiles et lubrifiants, fluide de refroidissement, nettoyants...

Les produits représentant le plus gros volume sont les lubrifiants et huiles qui ne présentent pas de caractère dangereux marqué. Nécessaires au bon fonctionnement des aérogénérateurs, ces produits, dont les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements, ne peuvent être ni diminués en volume ni substitués par d'autres produits. A noter la présence de bacs collecteurs dans les éoliennes permettant de récupérer les écoulements, ainsi que de capteurs alertant en cas de fuite. Les produits de nettoyage de type solvant, dont la dangerosité est plus importante, ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents continuellement sur le site. Les volumes utilisés restent limités.

V.3.1.2. Réduction des dangers liés aux installations

Dans le cadre de la réglementation des ICPE, une distance d'éloignement de 500m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 a été respectée. Cette règle induit de fait une réduction du nombre de personnes

potentiellement exposées. Le contexte majoritairement agricole de l'environnement du projet réduit les possibilités de mise en œuvre d'autres actions préventives.

Sur le site même du projet et au sein des installations, le danger repose sur la présence de mécanisme en fonctionnement (pièces en rotation) et d'installations électriques. Ces éléments sont essentiels au fonctionnement des éoliennes et ne peuvent être substitués. Il convient toutefois de souligner que des mesures seront mises en œuvre afin de réduire tout risque d'accident (ex : formation du personnel, procédure de maintenance spécifique...).

Pour ce projet, la réduction des potentiels de danger à la source sera donc principalement liée au choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de différents systèmes de sécurité performants, conformes à la réglementation en vigueur et à leur implantation en dehors des zones sensibles autour des infrastructures à risque.

V.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles (dite « IED ») adoptée en 2010. Cette directive IED est une refonte de plusieurs directives existantes, dont la directive 2008/1/CE relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (dite « directive IPPC »).

La directive IED vise à faire en sorte que les émissions industrielles soient traitées de manière intégrée et réduites au minimum. Les installations concernées doivent obtenir des autorisations délivrées par les autorités nationales sur la base de conditions fondées sur les meilleures techniques disponibles (MTD). Ces meilleures techniques disponibles sont élaborées sur le fondement de documents élaborés à l'échelle européenne avec l'ensemble des parties prenantes pour les secteurs industriels concernés : les BREFs (Best REference Documents)

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

VI. 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 scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie VIII. pour l'analyse détaillée des risques.

VI.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le projet de **Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne.

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français (Cf. Annexe 3) :

- **Avant 2012** : le recensement a été effectué dans le Guide technique de l'INERIS (mars 2012). Ce dernier utilise des sources officielles, des articles de presse locale, ou des 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

- **A partir de 2012** : le recensement utilise la consultation de la base de données ARIA⁵. En effet, suite au classement des parcs éoliens en tant qu'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, les exploitants de parcs éoliens doivent déclarer leur accident au Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels (BARPI).

L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 90 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2018.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2018. Cette synthèse inclut 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.

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les projections/chute de pale (46%), les incendies (22%) et les effondrements (12%).

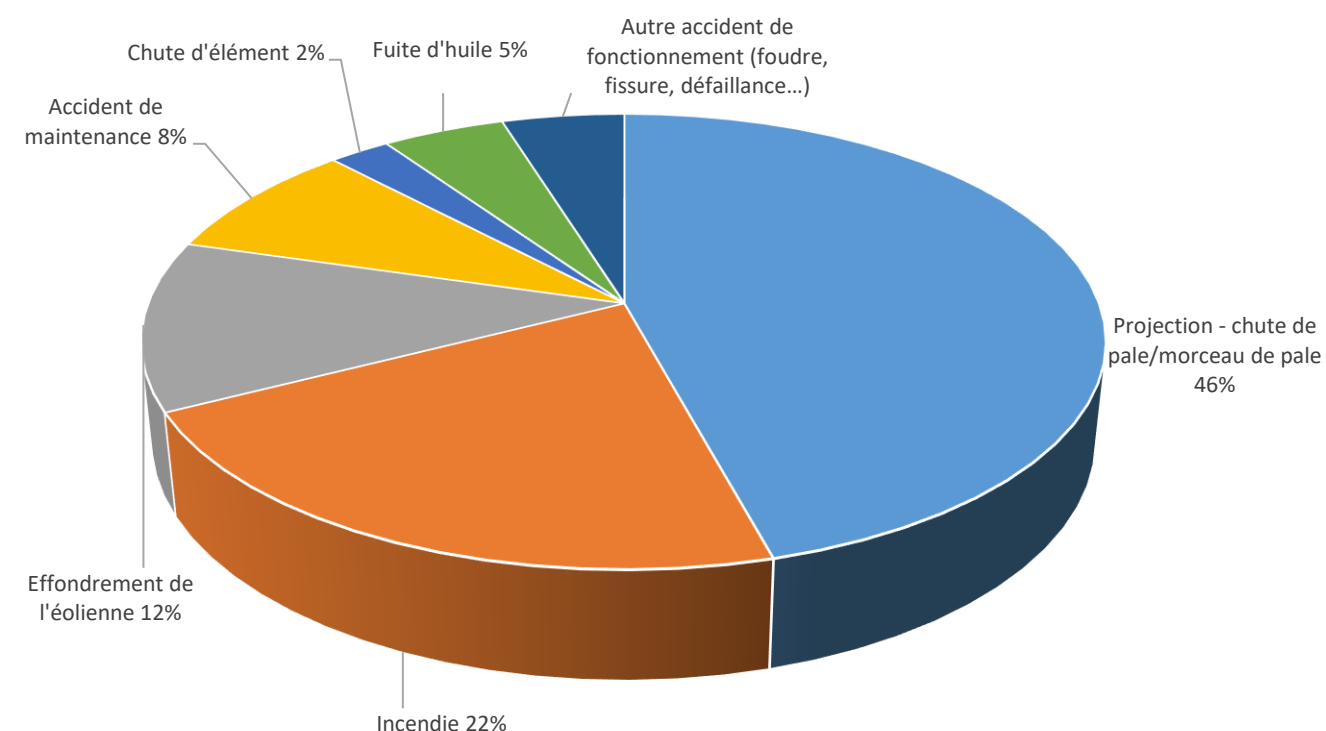


Figure 46 : Répartition des événements accidentels sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2018

Une analyse des causes des trois principaux types d'accidents recensés (Projection/chute de pale, incendie et effondrement) est proposée ci-après. Celle-ci se base sur l'accidentologie recensée de 2000 à 2018. A noter que certains accidents peuvent avoir des causes multiples (ex : tempête et défaillance de régulation).

L'observation de ces graphiques permet de s'apercevoir que les tempêtes et vents forts représentent les principales causes de l'effondrement des aérogénérateurs et de la projection/chute de pale, cette dernière étant souvent associée à un défaut de régulation. Les incendies déclarés sur les parcs éoliens sont quant à eux principalement liés à des défaillances électriques.

⁵ La base de données ARIA rassemble les informations sur les accidents technologiques survenus en France, notamment au niveau des ICPE.

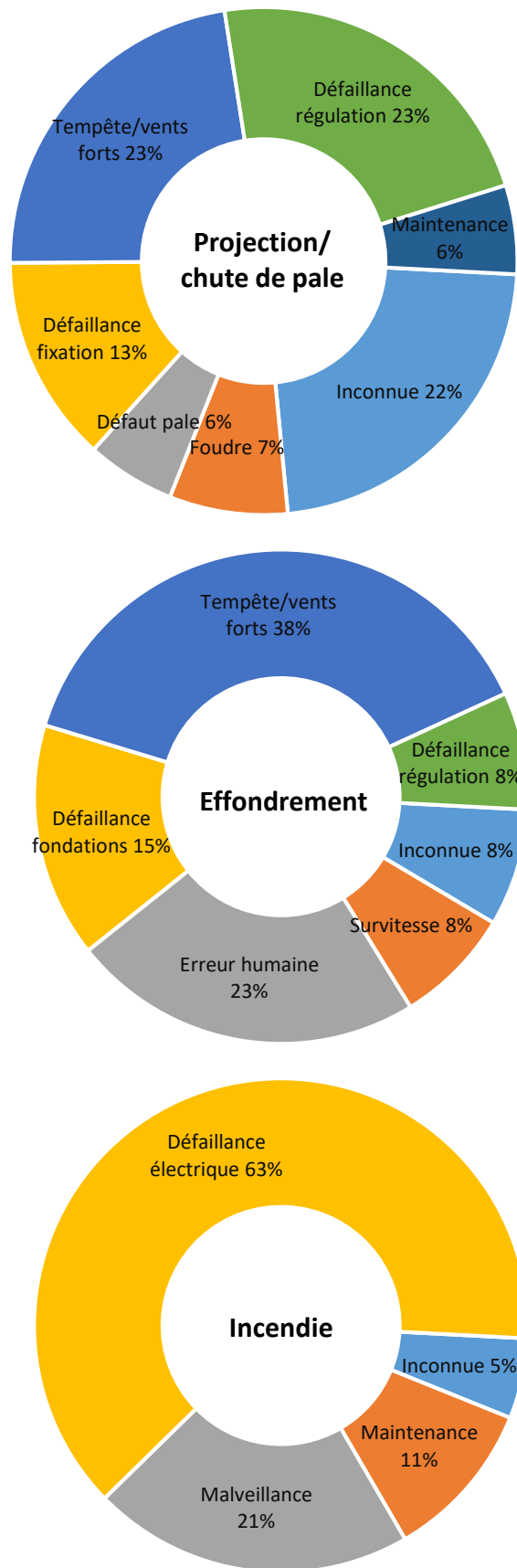


Figure 47 : Répartition par causes des principaux accidents recensés sur le parc éolien français de 2000 à 2018 (Source : INERIS, ARIA)

III.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010. La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). 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 concernent 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.

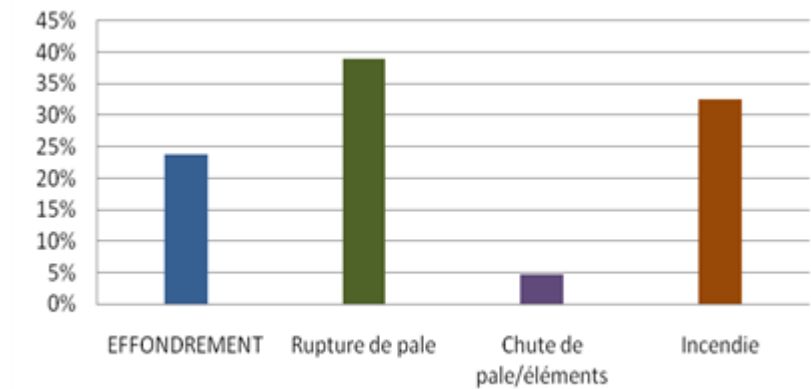
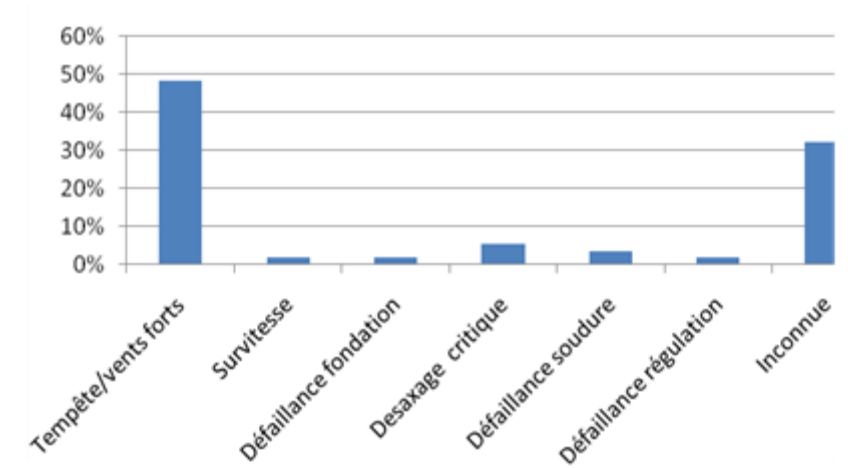


Figure 48 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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).



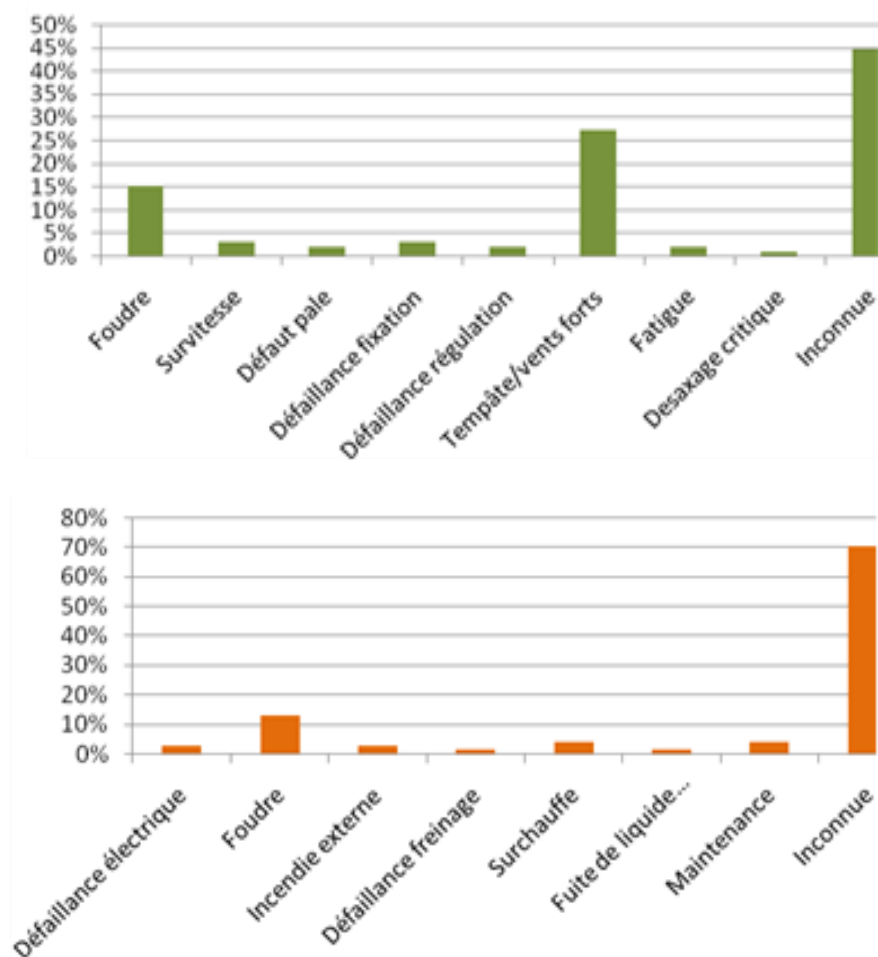


Figure 49 : Répartition des causes premières d'effondrement, de rupture de pale et d'incendie (de haut en bas)

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.

III.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

III.4.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

À partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction de la puissance éolienne installée.

La figure ci-après montre cette évolution. Ainsi il apparaît que, bien que le nombre d'incidents augmente légèrement depuis quelques années, cette augmentation n'est pas proportionnelle à la puissance et donc au nombre d'éoliennes installées. En effet, si depuis 2005 l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France avec une puissance installée multipliée par plus de 20, le nombre d'incidents par an est resté quant à lui relativement stable, voire a diminué comparativement au début des années 2000. En témoigne le nombre moyen d'accident par MW installé qui est passé de 0,0063 accident/MW sur la période 2000-2010 à 0,0007 accident/MW sur la période 2011-2019, et ce malgré un recensement renforcé des accidents depuis 2012 et le passage au régime ICPE.

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. Par ailleurs, soumises au régime ICPE, les installations éoliennes font l'objet d'une attention particulière quant à leur sécurité et elles sont contrôlées régulièrement.

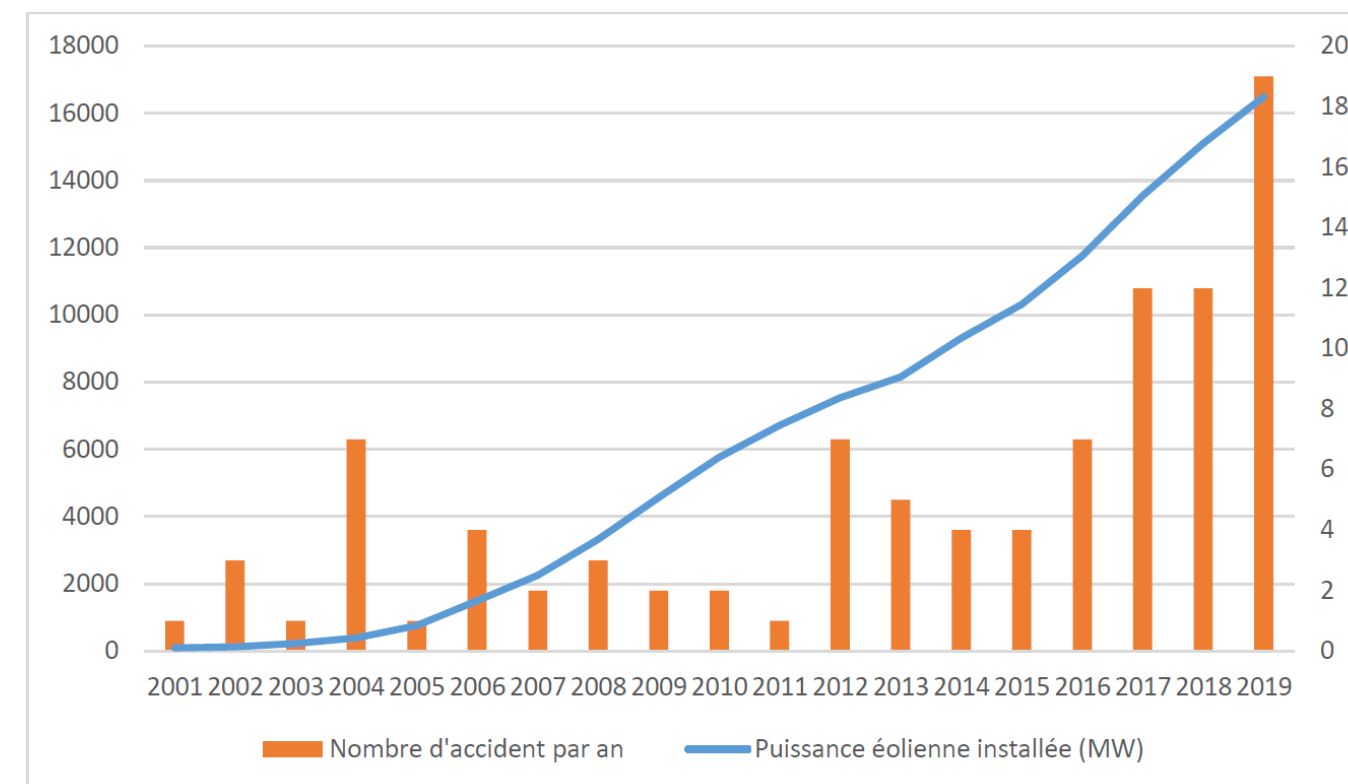


Figure 50 : Evolution comparée de la puissance éolienne installée (MW) et du nombre d'accident par an en France entre 2001 et 2019 (Source : INERIS, ARIA)

III.4.2. 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 redoutés suivants :

- Effondrements,
- Ruptures de pales,
- Chutes de pales et d'éléments de l'éolienne,
- Incendies.

III.5. 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.

VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES


VII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios 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 scénarios d'accidents sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarios d'accidents qui présentent des conséquences limitées, et les scénarios d'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

VII.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.

VII.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES



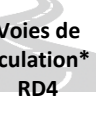
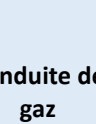

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement. Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- les agressions externes liées aux activités humaines ;
- les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

VII.3.1. AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes, qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km, et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres. Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Tableau 19 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes (en mètre)		
					E1	E2	E3
 Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Pas d'aérogénérateur dans le périmètre de 500m		
 Ligne Haute Tension	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	40 m	185 m	30 m
 Voies de circulation* : RD4	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	180 m	> 200 m	> 200 m
 Conduite de gaz	Transport d'hydrocarbures	Explosion	Effet de souffle (blast)	200 m	> 200 m	170 m	> 200 m
 Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Pas d'aérodrome dans le périmètre de 2000m		

* Sont considérées comme voies de circulation les voies structurantes au sens de l'INERIS.

Selon ce tableau, plusieurs infrastructures existantes peuvent être considérées comme des sources d'agression extérieure vis-à-vis du projet de parc éolien.

Concernant les lignes électriques, comme mentionnée dans l'étude d'impact, le porteur de projet s'engage à prévoir une mise en terre des portions de lignes HTA situées à proximité des éoliennes E1 et E3 lors de la réalisation des travaux d'aménagement du parc éolien. Si la localisation précise de ces tronçons de ligne et la nature des travaux ne sont à ce stade pas encore définies, ces derniers permettront à terme d'éviter tout risque d'accident entre cette infrastructure et le parc éolien.




Concernant la présence de la route départementale RD4 à 180m de l'éolienne E1, compte tenu de la distance séparant cet axe routier de l'éolienne et de la probabilité limitée de survenue d'un accident à cet endroit précis de son parcours, le risque d'agression externe engendrée par un véhicule accidenté apparaît négligeable.

Concernant la conduite de gaz, comme mentionné dans l'étude d'impact et la présente étude de dangers, le porteur de projet a échangé oralement avec le gestionnaire de réseau (GRt gaz) afin de déterminer une distance minimale d'exclusion (160m) qu'il a tenu à respecter. En l'absence de retour circonstancié de la part du gestionnaire de réseau, le porteur de projet s'engage à transmettre, suite au dépôt de sa demande, l'ensemble des éléments nécessaires à la vérification de la conformité de son installation au gestionnaire de réseau GRT Gaz.

VII.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

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

Tableau 20 : Description des agressions externes potentielles de l'installation éolienne

Agression externe	Intensité
 Vents et tempête	Intensité maximale des vents observée dans le secteur : <140 km/h Zone non-affectée par des cyclones tropicaux.
 Foudre⁶	Densité foudroiement Ng = 0.62 arc/km²/an (<i>Moyenne France = 1.12</i>) Les éoliennes respecteront la norme IEC 61 400-24 dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale
 Glissement de sols/ affaissement miniers⁷	Aléa retrait-gonflement d'argile : NUL Absence de mouvements de terrain recensés par le BRGM sur la zone directement concernée par le projet.

Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Concernant les vents et tempête, les éoliennes installées correspondront à la catégorie de la norme internationale IEC-61400-1 (International Electrotechnical Commission) adaptées aux régimes de vents du secteur. Par ailleurs les éoliennes sont équipées de dispositifs permettant de garantir leur mise en sécurité en cas de vents forts (Cf. partie suivante sur les fonctions de sécurité).

De plus, 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 scénarios de rupture de pale.

Pour terminer, il convient aussi de rappeler que la construction des éoliennes sera précédée par la réalisation d'une étude géotechnique visant à définir le type de fondations adaptées à la nature du terrain. Celles-ci doivent répondre à la norme établie.

VII.4. SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-dessous 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 scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios 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).

Tableau 21 : Analyse générique des risques

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

⁶ Données issues du site METEORAGE : <http://www.meteorage.fr/>

⁷ Données issues des sites web développés par le BRGM : <http://www.argiles.fr/> et <http://www.mouvementsdeterrain.fr/>

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la sur vitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement 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	Sur tension	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
I06	Rongeur	Sur tension	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	Ecoulement 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	Ecoulement	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°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
C3	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 importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la sur vitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	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
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) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	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
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	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	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
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

Ce tableau présentant le résultat d’une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d’accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe.

VII.5. EFFETS DOMINOS

Lors d’un accident majeur sur une éolienne, une possibilité 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 combustibles (gaz...) et à une explosion. Celle-ci peut alors avoir des conséquences humaines et/ou matérielles. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

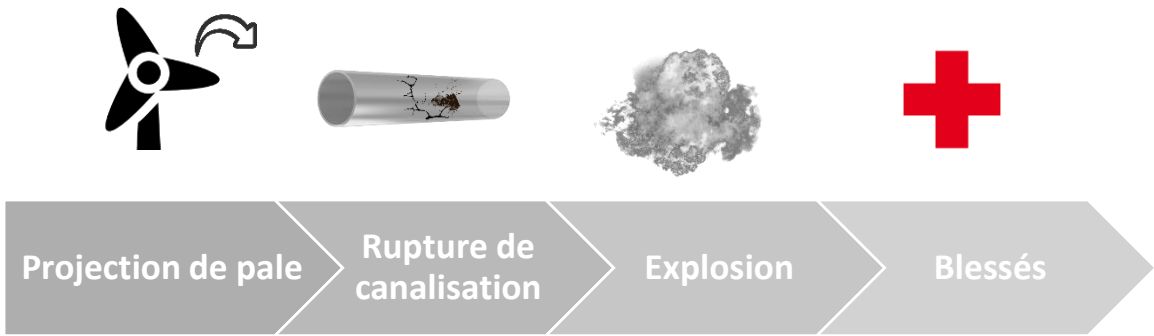


Figure 51 : Exemple d'effet domino

Les effets dominos susceptibles d’impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d’analyse des risques génériques 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 ».

Dans le cadre des études de dangers des éoliennes, il est proposé de limiter l’évaluation de la probabilité d’impact d’un élément de l’aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Aucune de ces installations n’est présente à proximité du site d’étude du projet de **Parc éolien de Beaune-d’Allier Eolien Energie**.

Par ailleurs, l’analyse de l’environnement du projet a permis de se rendre compte de présence d’une infrastructure de transport de matières dangereuses : le gazoduc MONTMARAUULT – ST ELOY concernant les aires d’étude associées aux trois éoliennes.

Compte tenu des distances avec les éoliennes concernées, les risques d’effet domino en phase d’exploitation reposent sur les scénarios suivants :

- Projection de glace – 279 m (E2) ;
- Projection de pale/morceau de pale par les éoliennes – 500 m (E1, E2 et E3).

La conséquence de cet accident pourrait être l’endommagement de la canalisation, voire la rupture, pouvant entraîner une fuite d’hydrocarbures, voire une explosion.

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

$$\begin{aligned}
 P_{\text{accident}} &= \text{PERC} \times P_{\text{orientation}} \times P_{\text{rotation}} \times P_{\text{atteinte}} \times P_{\text{présence}} \\
 P_{\text{PERC}} &= \text{probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise} = \text{probabilité de départ} \\
 P_{\text{orientation}} &= \text{probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)} \\
 P_{\text{rotation}} &= \text{probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)} \\
 P_{\text{atteinte}} &= \text{probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation)} \\
 P_{\text{présence}} &= \text{probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné}
 \end{aligned}$$

Par souci de simplification, la probabilité d’accident sera calculée en multipliant la probabilité d’occurrence du phénomène dangereux proprement dit (soit 10⁻⁴ pour la projection de pale et 10⁻² pour la projection de glace) par la probabilité d’atteinte de l’enjeu. Celle-ci est définie comme le ratio entre la surface de l’enjeu (ici celle de la canalisation⁸) et la zone d’effet du phénomène. Celle-ci est résumée dans le tableau ci-dessous :

Phénomène	Eolienne	Probabilité d'occurence	Probabilité d'atteinte (Degré d'exposition de la canalisation)	Probabilité d'accident
Projection de glace	E2	10 ⁻²	5220/248328 = 2,1*10 ⁻²	2,1*10 ⁻⁴

⁸ La surface de la canalisation sera calculée en reprenant sa longueur concernée par le rayon de dangers du scénario et multipliée par une largeur de 12m, soit celle de la servitude généralement associée à ce type d’infrastructure, ce qui représente une hypothèse majorante.

Phénomène	Eolienne	Probabilité d'occurrence	Probabilité d'atteinte (Degré d'exposition de la canalisation)	Probabilité d'accident
Projection de pale/morceau de pale	E1	10 ⁻⁴	7200/792483 = 9,08*10 ⁻³	9,08*10 ⁻⁷
	E2	10 ⁻⁴	11280/792483 = 1,42*10 ⁻²	1,42*10 ⁻⁶
	E3	10 ⁻⁴	8760/792483 = 1,10*10 ⁻²	1,10*10 ⁻⁶

La probabilité d'accident sur les canalisations est donc de l'ordre de 10⁻⁴ pour le risque de chute de glace (soit improbable) à 10⁻⁶ voire 10⁻⁷ pour le risque de projection de pale/morceau de pale (soit extrêmement rare). Cette probabilité est donc très faible. Par ailleurs, il convient de rappeler que cette probabilité correspond plus à une probabilité d'atteinte des canalisations, le risque de perforation/déformation voire d'explosion de cette dernière n'ayant pas été modélisé et le fait qu'elles soient enterrées, et donc protégées en partie, n'a pas été pris en compte.

Étant donné l'éloignement de ces installations (éoliennes et canalisations), ainsi que les très faibles probabilités d'accidents, **il a donc été retenu de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.**

Concernant cette conduite de gaz, comme déjà mentionné dans la présente étude de dangers, le porteur de projet s'engage à transmettre, suite au dépôt de sa demande, l'ensemble des éléments nécessaires à la vérification de la conformité de son installation au gestionnaire de réseau GRT Gaz.

VII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du projet de **Parc éolien de Beaune-d'Allier Eolien Energie**. 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 « d'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 scénarios d'accident. 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.

Note 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

Note 2 : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Tableau 22 : Fonctions de sécurité de l'installation

Fonction de sécurité :	PREVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'EOLIENNE 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 danger 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 :	PREVENIR 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 lors des différentes visites d'entretien/maintenance.		

Fonction de sécurité	PREVENIR L'ECHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIECES MECANIQUES	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de T° 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	Suivi des courbes de températures		
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	PREVENIR LA SURVITESSE	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	<i>Détection de survitesse et système de freinage.</i>		
Description	<i>Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.</i> <i>NB : Le système de freinage est généralement constitué d'un frein aérodynamique principal (mise ne drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.</i>		
Indépendance	<i>Oui</i>		
Temps de réponse	<i>Temps de détection < 1 minute</i> <i>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.</i>		
Efficacité	<i>100 %</i>		
Tests	<i>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 17 de l'arrêté du 26 août 2011.</i> <i>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.)</i>		
Maintenance	<i>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</i>		

Fonction de sécurité	PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	<i>Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.</i>		
Description	<i>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.</i>		
Indépendance	<i>Oui</i>		
Temps de réponse	<i>De l'ordre de la seconde</i>		
Efficacité	<i>100 %</i>		
Tests	<i>Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de l'installation pour prévenir les risques électriques, avant sa mise en service industrielle.</i> <i>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. Etablissement d'une liste type indiquant les points à contrôler selon les prescriptions du constructeur.</i>		
Maintenance	<i>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.</i>		

Fonction de sécurité	PREVENIR LES EFFETS DE LA FOUDRE	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	<i>Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.</i>		
Description	<i>Respect de la norme IEC 61 400 – 24 dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale.</i> <i>Dispositif de capture + mise à la terre. Parasurtenseurs sur les circuits électriques</i>		
Indépendance	<i>Oui</i>		
Temps de réponse	<i>NA</i>		
Efficacité	<i>100 %</i>		
Tests	<i>Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle.</i> <i>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.</i>		
Maintenance			

Fonction de sécurité	PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	<i>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.</i> <i>Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle</i> <i>Intervention des services de secours</i>		
Description	<i>Détecteurs d'incendie 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.</i>		
Indépendance	<i>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).</i> <i>Oui</i>		
Temps de réponse	<i>< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme.</i> <i>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.</i>		
Efficacité	<i>100 %</i>		
Tests	<i>/</i> <i>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.</i>		
Maintenance	<i>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.</i>		

Fonction de sécurité	PREVENTION ET RETENTION 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 prévenir 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 : <ul style="list-style-type: none"> - 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	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS 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		
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	Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant leur mise en service industrielle.		
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	PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance et formation du personnel		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, sont consignés dans un registre. Le registre contient également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place.		
Maintenance	La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par les articles 17 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011 sont consignés dans le registre de maintenance.		




Fonction de sécurité	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE 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 pales) 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 %.		
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 17 de l'arrêté du 26 août 2011. Test over speed (préventif annuel)		
Maintenance	RAS		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011. Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise 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.

VII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

Tableau 23 : Liste des scénarios exclus

Nom du scénario exclu	Justification
 Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<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.</p> <p>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>
 Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<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>
 Infiltration d'huile dans le sol	<p>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 rapprochée d'une nappe phréatique.</p> <p>Dans notre cas, les éventuelles infiltrations accidentelles d'huiles dans le sol restent peu probables compte tenu des mesures mises en place (Cf. mesure de sécurité n°8) et pour des volumes de substances libérées dans le sol très faibles.</p>

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


Projection de pale /
morceau de pale


Projection
de glace


Effondrement


Chute de pale /
éléments


Chute
de glace

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

VIII. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

VIII.1. RAPPEL 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 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.

VIII.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.

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

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

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

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

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

Le degré d'exposition est défini comme le rapport entre la surface atteinte par un élément chutant ou projeté, et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection.

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

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

VIII.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.

Tableau 24 : Seuils de gravité et d'intensité en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes

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

VIII.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 scénarios d'accident majeur :

Tableau 25 : Classes de probabilité

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

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_{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
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.

En dernier lieu, les paramètres liés à la probabilité et à la gravité seront croisés afin de définir l'acceptabilité ou non du projet selon la matrice définie par l'INERIS et présentée ci-dessous :

Tableau 26 : Exemple de la matrice d'acceptabilité du risque selon l'INERIS

Gravité	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					

Niveau de risque	Acceptabilité
Risque très faible	ACCEPTABLE
Risque faible	ACCEPTABLE
Risque important	NON ACCEPTABLE

VIII.2. CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

La société **Beaune d'Allier Eolien Energie** projette d'implanter 3 éoliennes d'une hauteur totale de 133m. Le tableau ci-dessous présente leurs caractéristiques qui ont été utilisées pour les calculs présentés ci-après :

	E1	E2	E3
<i>R : Longueur de pale</i>	51,50	51,50	51,50
<i>D : Diamètre de rotor</i>	103,00	103,00	103,00
<i>H : Hauteur de mât*</i>	85,00	85,00	85,00
<i>Hm : Hauteur de moyeu</i>	83,00	83,00	83,00
<i>Lbm : Largeur base de mât</i>	4,30	4,30	4,30
<i>Lhm : Largeur haut de mât</i>	3,50	3,50	3,50
<i>Lmm : Largeur moyenne de mât</i>	3,90	3,90	3,90
<i>LB : Largeur base de pale</i>	4,50	4,50	4,50
<i>Longueur en bout de pale</i>	133,00	133,00	133,00

*nacelle comprise conformément à la réglementation ICPE

Remarque : la longueur de pale ici considérée sera égale à un demi-rotor en fonctionnement.

Figure 52 : Données utilisées pour le calcul des risques

VIII.2.1. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

• 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, e 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 pales, ou de fragments de pales, dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens. Conformément aux indications du chapitre I.1. Définition de l'aire d'étude, cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 502,15 m depuis le centre du mât de l'éolienne.

• Intensité

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection d'éléments de l'éolienne dans le cas du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**. 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 depuis l'emprise du mât). Cela peut être traduit de la sorte :

$$d = Z_i / Z_e$$

$$Z_i = R * LB / 2$$

$$Z_e = \pi \times (500)^2$$

Avec *d* : degré d'exposition, *Z_i* : zone d'impact, *Z_e* : zone d'effet, *R* : la longueur de pale, *LB* : largeur de la base de la pale⁹.

Tableau 27 : Calcul de l'intensité du phénomène de projection de pale/fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = 51,5 * 4,5 / 2$ $= 115,875$	$Z_e = \pi \times 502,15^2$ $= 792 167$	$d = Z_i / Z_e$ 0,015% (< 1 %)	Exposition modérée

• Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3 de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

Si le phénomène engendre **une zone d'exposition modérée** :

- 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 projection et la gravité associée (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

Tableau 28 : Calcul de la gravité du phénomène de projection de pale/fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Niveau de gravité
E1	Entre 10 à 100 personnes (35,37 pers.)	Important
E2	Entre 1 à 10 personnes (8,58 pers.)	Sérieux
E3	Entre 10 à 100 personnes (19,87 pers.)	Important

• Probabilité

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

Tableau 29 : Calcul de la probabilité du phénomène de projection de pale/fragments de pale

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment 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 :

⁹ Il s'agit de la largeur la plus importante à la base de la pale, et non de la largeur de la base raccordée à la nacelle

- 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 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**

Cadrage INERIS :

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet. Si le nombre de personnes permanentes (ou équivalent) est supérieur à ces chiffres, l'exploitant peut engager une étude supplémentaire pour déterminer le risque d'atteinte de l'enjeu à l'origine de ce niveau de gravité, et vérifier l'acceptabilité du risque.

Le cas échéant, des mesures de sécurité supplémentaires pourront être mises en place pour améliorer l'acceptabilité du risque.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 30 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène de projection de pale/fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Niveau de gravité	Niveau de risque
E1	Important	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Important	Acceptable

Ainsi, pour le projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.2. 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. **Dans le cas du projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie, cela équivaut donc à une distance de 1.5*(83+103) = 279 m. Conformément**

aux indications du chapitre I.1. Définition de l'aire d'étude, cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 281,15 m depuis le centre du mât de l'éolienne.

• **Intensité**

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**. 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. Cela peut être traduit de la sorte :

$$d=Z_I/Z_E$$
$$Z_I=SG$$
$$Z_E=\pi \times (1.5*(H+2*R))^2$$

Avec d : degré d'exposition, ZI : zone d'impact, ZE : zone d'effet, SG : la surface majorante d'un morceau de glace, R : la longueur de pale, H : la hauteur au moyeu.

Tableau 31 : Calcul de l'intensité du phénomène de glace

Projection de morceaux de glace (Zone de 279 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
ZI= 1	$Z_E = \pi \times (281,15)^2$ = 248 328,2	$d=Z_I/Z_E$ $4 \times 10^{-4} \%$ (< 1 %)	Exposition modérée

• **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.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. Si le phénomène engendre **une zone d'exposition modérée** :

- 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 (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

Tableau 32 : Calcul de la gravité du phénomène de projection de glace

Projection de morceaux de glace (Zone de 279 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Niveau de gravité
E1	Entre 1 à 10 personnes (1,35 pers.)	Sérieux
E2	Entre 1 à 10 personnes (1,27 pers.)	Sérieux
E3	Entre 1 à 10 personnes (2,13pers.)	Sérieux

• Probabilité

Au regard de la difficulté d’établir un retour d’expérience précis sur cet événement et considérant les 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 proposée pour cet événement.

• Acceptabilité

Cadrage INERIS :

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 **projet de Parc éolien de Beaune d’Allier Eolien Energie**, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 33 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène de projection de glace Projection de morceaux de glace (Zone de 279 m autour du mât de l'éolienne)			
Eolienne	Niveau de gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Sérieux	oui	Acceptable
E2	Sérieux	oui	Acceptable
E3	Sérieux	oui	Acceptable

Ainsi, pour le projet de Parc éolien de Beaune d’Allier Eolien Energie, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.3. 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 de l’éolienne en bout de pale, soit **133 m dans le cas des éoliennes du projet de Parc éolien de Beaune d’Allier Eolien Energie**. Conformément aux indications du chapitre I.1. Définition de l’aire d’étude, cette distance est prise depuis l’emprise du mât de l’éolienne, soit une distance d’effet de **135,15 m depuis le centre du mât de l’éolienne**. 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

Le tableau ci-dessous permet d’évaluer l’intensité du phénomène d’effondrement dans le cas du projet de **Parc éolien de Beaune d’Allier Eolien Energie**. Le phénomène d’effondrement de l’éolienne peut être d’intensité variable compte tenu des nombreuses variables possibles : localisation du point de rupture (premier tiers, milieu, nacelle) et rotation ou non des pales lors de l’effondrement. Dans notre cas, le choix a été fait de calculer un degré d’exposition correspond au ratio entre la surface du rotor et la surface du mat, d’une part, et la superficie de la zone d’effet du phénomène, d’autre part. Cela peut être traduit de la sorte :

$$d=Z_i/Z_E$$

$$Z_i=H \cdot L_{bm} + 3 \cdot R \cdot LB/2$$

$$Z_E=\pi \times (Hm+R)^2$$

Avec d : degré d’exposition, Zi : zone d’impact, ZE : zone d’effet, H : la hauteur du mât (nacelle incluse), Lbm : la largeur de la base du mât, R : la longueur de pale, LB : la largeur de la base de la pale et Hm : la hauteur de moyeu.

Tableau 34 : Calcul de l'intensité du phénomène d'effondrement

Effondrement de l'éolienne (Zone de 133 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = 85 \cdot 4,3 + 3 \cdot 51,5 \cdot 4,5/2 = 713$	$Z_E = \pi \times (135,15)^2 = 57\,383$	$d=Z_i/Z_E$ 1,24 % (1% < d < 5%)	Exposition forte

L’intensité du phénomène d’effondrement est nulle au-delà de la zone d’effondrement.

• Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l’arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.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.

Si le phénomène engendre une **zone d’exposition forte** :

- 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 d’effondrement et la gravité associée (pour les détails des calculs, se référer à l’Annexe 2) :

Tableau 35 : Calcul de la gravité du phénomène d'effondrement

Effondrement de l'éolienne (Zone de 133 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Niveau de gravité
E1	< 1 personne (0,09 pers.)	Sérieux
E2	< 1 personne (0,08 pers.)	Sérieux
E3	Entre 1 à 10 personnes (1,01 pers.)	Important

• Probabilité

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

Tableau 36 : Calcul de la probabilité du phénomène d'effondrement

Source		Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]		4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d’expérience
Specification of minimum distances [6]		1,8 x 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'expérience¹⁰, 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 : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ». 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, seuls trois effondrements ont eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005 (éolienne de Bouin – janvier 2018 ; Guineville – novembre 2018 et Boutavent –janvier 2019). 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 correctives réduisant significativement la probabilité ».**

- **Acceptabilité**

Cadrage INERIS :

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées et, dans le cas où plus de dix personnes sont exposées dans la zone d'effet d'un aérogénérateur, l'exploitant pourra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place.

Il est également rappelé que la bonne pratique est de préserver une distance d'isolement égale à la hauteur totale de l'éolienne entre l'aérogénérateur et les autoroutes.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 37 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène d'effondrement

Effondrement de l'éolienne (Zone de 133 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Niveau de gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Important	Acceptable

Ainsi, pour le projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie, le phénomène d'effondrement constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.2.4. 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.

¹⁰ 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.

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné 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.

- **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 projet de **Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, la zone d'effet a donc un rayon de 51,5 mètres. Conformément aux indications du chapitre I.1. Définition de l'aire d'étude cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 53,65 m depuis le centre du mât de 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.

- **Intensité**

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**. 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). Cela peut être traduit de la sorte :

$$\begin{aligned}d &= Z_I / Z_E \\Z_I &= SG \\Z_E &= \pi \times R^2\end{aligned}$$

Avec d : degré d'exposition, ZI : zone d'impact, ZE : zone d'effet, SG : la surface d'un morceau de glace majorant, R : la longueur de pale.

Tableau 38 : Calcul de l'intensité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (Zone de 51,5 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
ZI= 1	$Z_E = \pi \times 53,65^2$ = 9 043	$d = Z_I / Z_E$ 0,011% (< 1 %)	Exposition modérée

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

- **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.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.

Si le phénomène engendre une **zone d'exposition modérée** :

- 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 (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

Tableau 39 : Calcul de la gravité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (Zone de 51,5 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Niveau de gravité
E1	< 1 personne (0,02 pers.)	Modéré
E2	< 1 personne (0,02 pers.)	Modéré
E3	< 1 personne (0,02 pers.)	Modéré

- 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

Cadrage INERIS :

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée », qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1.

Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 40 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (Zone de 51,5 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Niveau de gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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.

VIII.2.5. 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. Pour le **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, la zone d'effet a donc un rayon de 51,5 mètres. Conformément aux indications du chapitre I.1. Définition de l'aire d'étude, cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 53,65 m depuis le centre du mât de l'éolienne.

- Intensité

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**. 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). Cela peut être traduit de la sorte :

$$d = Z_i / Z_E$$

$$Z_i = R * LB / 2$$

$$Z_E = \pi * R^2$$

Avec d : degré d'exposition, Z_i : zone d'impact, Z_E : zone d'effet, R : la longueur de pale, LB : la largeur de la base de la pale.

Tableau 41 : Calcul de l'intensité du phénomène de chute d'éléments

Chute d'éléments de l'éolienne (Zone de 51,5 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = 51,5 * 4,5 / 2$ = 115,875	$Z_E = \pi * 53,65^2$ = 9 043	$d = Z_i / Z_E$ 1,28 % (1% < d < 5%)	Exposition forte

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

- Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.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.

Si le phénomène engendre une **zone d'exposition forte** :

- 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 (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

Tableau 42 : Calcul de la gravité du phénomène de chute d'éléments

Chute d'éléments de l'éolienne (Zone de 51,5 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Niveau de gravité
E1	< 1 personne (0,02 pers.)	Sérieux
E2	< 1 personne (0,02 pers.)	Sérieux
E3	< 1 personne (0,02 pers.)	Sérieux

• 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 x 10⁻⁴événement par éolienne et par an).

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

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

• Acceptabilité

Cadrage INERIS :
Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet. Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 43 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène de chute d'éléments		
Chute d'éléments de l'éolienne (Zone de 51,5 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Niveau de gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

VIII.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

VIII.3.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Tableau 44 : Synthèse des paramètres de risques pour chaque scénario retenu

Scénario	Zone d'effet autour du mât	Cinétique	Intensité	Probabilité	Niveau de gravité
Projection de pale/morceaux de pale	500 m	Rapide	Exposition modérée	D	Important (E1 et E3)
					Sérieux (E2)
Projection de glace	279 m	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieux (pour toutes les éoliennes)
Effondrement de l'éolienne	133 m	Rapide	Exposition forte	D	Important (E3)
					Sérieux (E1 et E2)
Chute de glace	51,5 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré (pour toutes les éoliennes)
Chute d'élément de l'éolienne	51,5 m	Rapide	Exposition forte	C	Sérieux (pour toutes les éoliennes)

VIII.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ 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-après, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus, a été utilisée.

Tableau 45 : Synthèse de l'acceptabilité des risques pour les éoliennes du projet

Gravité	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		Projection de pale (E1/E3) Effondrement de l'éolienne (E3)			
		Projection de pale (E2) Effondrement de l'éolienne (E1/E2)	Chute éléments des éoliennes (toutes éoliennes)	Projection de glace (toutes éoliennes)	
Sérieux					
Modéré					Chute de glace (toutes éoliennes)

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que tous les risques sont acceptables. Certains scénarios présentent un niveau de risque faible. Pour les scénarios d'accidents de chute d'éléments ou de glace en particulier, les fonctions de sécurité n° 1, 2, 9 et 10 (détaillées dans le paragraphe VII.6. Mise en place des mesures de sécurité) sont appliquées. A savoir :

- **Pour prévenir l'atteinte aux personnes par chute de glace :**
 - Le panneautage sur les chemins d'accès, à l'entrée des plates-formes de chaque éolienne ;
 - L'éloignement des zones habitées et fréquentées ;
 - Système de détection de la formation de glace avec procédure spécifique d'arrêt et de redémarrage.
- **Pour le risque de chute d'éléments de l'éolienne :**
 - Le contrôle régulier des fondations et des pièces d'assemblage ;
 - La mise en place de procédures de maintenance et de qualité ;
 - Formation du personnel et préconisations du manuel de maintenance.

VIII.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

A l'issue de la démarche d'analyse des risques, une carte de synthèse des risques par éolienne est présentée. Elle fait apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- les zones d'effet de chaque phénomène dangereux,
- l'intensité et la probabilité des différents phénomènes dangereux dans chaque zone d'effet,
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet et la gravité qui en découle,
- le niveau d'acceptabilité du risque.

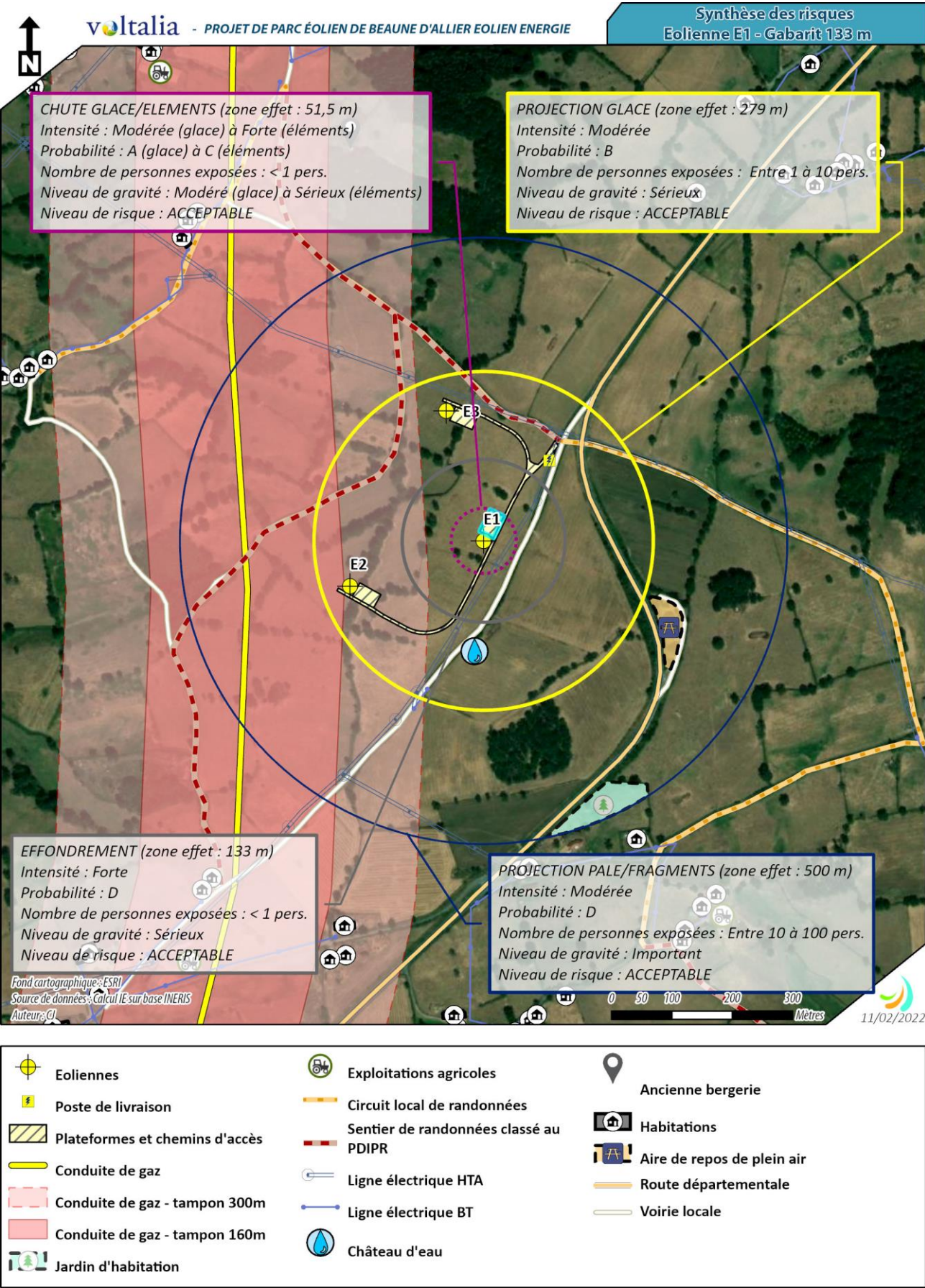


Figure 53 : Synthèse des risques - Eolienne E1

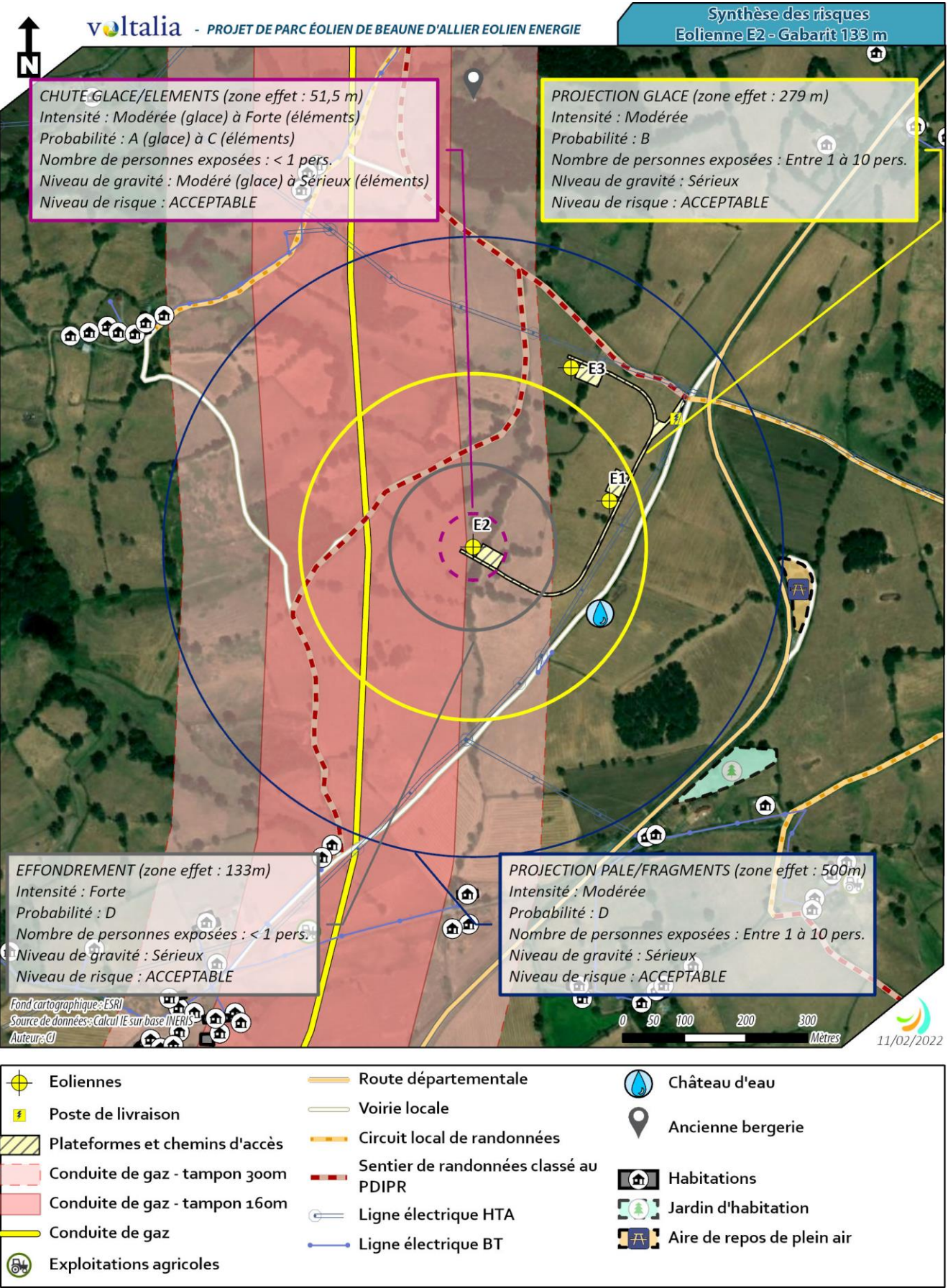


Figure 54 : Synthèse des risques - Eolienne E2

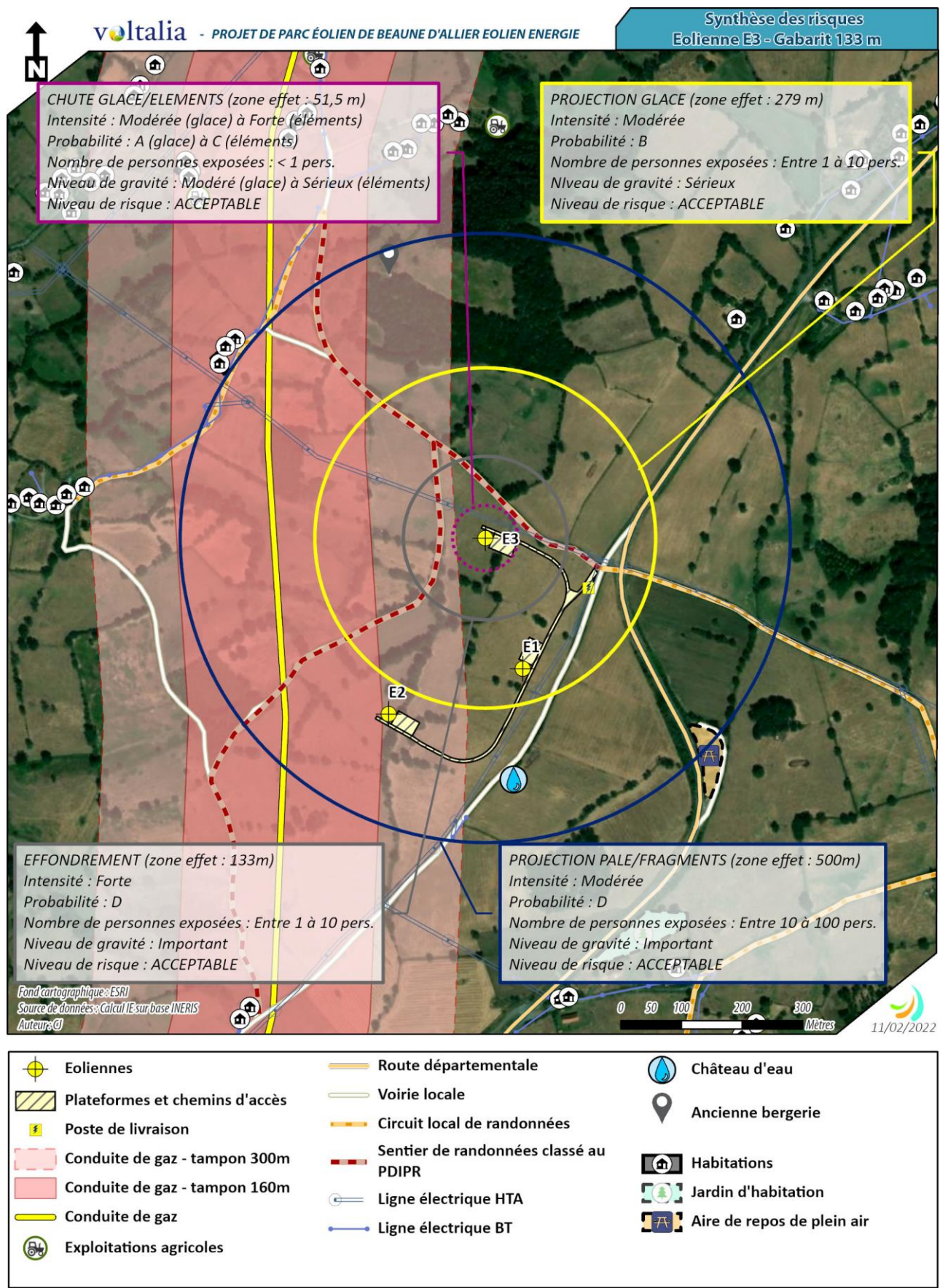


Figure 55 : Synthèse des risques - Eolienne E3

IX. CONCLUSION

L'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes, et l'analyse préliminaire des risques ont permis d'identifier cinq principaux scénarios d'accidents majeurs pour le projet de **projet de Parc éolien de Beaune d'Allier Eolien Energie**, prévoyant l'implantation de 3 éoliennes d'une hauteur en bout de pale de 133m et d'une puissance unitaire de 2 à 3 MW. Ces derniers sont détaillés ci-dessous au travers de leurs principales caractéristiques (Intensité, probabilité et gravité) :

- **Projection de pales ou morceaux de pale (500 m)** : Compte tenu de l'accidentologie analysée et des mesures correctives déployées depuis de nombreuses années pour réduire ce risque (système de détection de l'échauffement/bridage, système de détection de la survitesse/bridage voire arrêt, système parafoudre, système de détection incendie/alarme et extincteur, procédure contrôle fondations et maintenance), la probabilité de ce type d'accident est estimée à « Rare » (D). Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Important » pour les éoliennes E1 et E3 du fait des enjeux identifiés (aire de repos, jardins d'habitation, terrains agricoles, route départementale, routes non-structurantes et chemins ruraux, chemins de randonnées, plateformes de maintenance et chemins d'accès). Le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour l'éolienne E2.
- **Projection de glace (279 m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Probable » (B). On notera toutefois qu'un panneautage est mis en place au niveau de chaque éolienne afin de prévenir du risque de chute ou projection de glace. De plus, les éoliennes disposent d'un système de détection du givre et de mise à l'arrêt avec procédure de redémarrage adaptée. Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour les trois éoliennes, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, route départementale, routes non-structurantes et chemins ruraux, chemins de randonnées, plateformes de maintenance et chemins d'accès).
- **Effondrement de l'aérogénérateur (133 m)** : Compte tenu de l'accidentologie analysée et des mesures correctives déployées depuis de nombreuses années pour réduire ce risque (système de détection de l'échauffement/bridage, système de détection de la survitesse/bridage voire arrêt, système parafoudre, système de détection incendie/alarme et extincteur, procédure contrôle fondations et maintenance), la probabilité de ce type d'accident est estimée à « Rare » (D). Son intensité est « Forte ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Important » pour l'éolienne E3, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, routes non-structurantes et chemins ruraux, chemins de randonnées, plateformes de maintenance et chemins d'accès). Le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour les éoliennes E1 et E2.
- **Chute de glace (51,5 m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Courante » (A). On notera toutefois qu'un panneautage est mis en place au niveau de chaque éolienne afin de prévenir du risque de chute ou projection de glace. De plus les éoliennes disposent d'un système de détection du givre et de mise à l'arrêt avec procédure de redémarrage adaptée. Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Modéré » pour les trois éoliennes, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, plateformes et chemins d'accès).
- **Chute d'éléments (51,5 m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Improbable » (C). On notera que les éoliennes sont soumises à des procédures de maintenance et de contrôle régulières réduisant le risque. Son intensité est « Forte ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour les trois éoliennes, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, plateformes et chemins d'accès).

Pour conclure à l'acceptabilité des risques, la matrice de criticité, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, a été utilisée. Les différents risques ont tous été jugés acceptables. Il convient de noter que, bien que les risques liés à l'incendie de l'éolienne / poste de livraison ou à l'infiltration d'huile dans le sol n'aient pas été détaillés du fait de leur faible importance, des mesures de sécurité sont toutefois prévues en cas d'accident. **Par ailleurs, compte tenu de la présence d'une canalisation de transport de gaz localisée au sein des aires d'étude de dangers, le porteur de projet s'engage à transmettre, suite au dépôt de sa demande, l'ensemble des éléments nécessaires à la vérification de la conformité de son installation au gestionnaire de réseau GRT Gaz.**

Dans ce cadre, il est donc possible de dire que les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation, ainsi que les distances séparant le projet des lieux de vie les plus proches sont suffisants pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux identifiés.

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 III.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 VIII).

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 × 0,5 × 20 000/100 = 40 personnes.

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

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 – DÉTAILS DU COMPTAGE DE PERSONNES PAR SCÉNARIO ET PAR ÉOLIENNE

Les tableaux ci-après détaillent les calculs permettant d'aboutir au nombre de personnes exposées pour chaque scénario de risque et chaque éolienne.

Les hypothèses qui ont été retenues pour ces calculs sont les suivantes :

- *Largeur route communale/chemin rural : 5 mètres*
- *Largeur route départementale structurante : 10 mètres*
- *Fréquentation route structurante : 2100 véhicules/ jour soit 8,4 pers/km*
- *Fréquentation aire de repos : 4 véhicules soit 20 personnes*
- *Fréquentation jardin : 2,17 personnes (taille du ménage sur la commune selon l'INSEE)*

PROJECTION DE PALE

		E1			E2			E3		
	Rayon d'effet depuis centroïde (m) :	502			502			502		
	Unités	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		75,22	0,75		76,57	0,77		76,31	0,76
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,38	20,00		0,02	1,05		0,14	7,37
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)									
	Chemin rural	1715	0,86	0,09	2050,00	1,03	0,10	1750,00	0,88	0,09
	Chemin d'accès/Plateforme		0,72	0,07		0,72	0,07		0,72	0,07
	Route communale	825	0,41	0,04	990,00	0,50	0,05	615,00	0,31	0,03
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)									
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)	1050	1,05	8,82	385,00	0,39	3,23	725,00	0,73	6,09
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemins de randonnées	1715	0,86	3,43	1650,00	0,83	3,30	1645,00	0,82	3,29
LOGEMENTS	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE	Jardin d'habitation		0,58	2,17		0,00	0,00		0,14	2,17
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES			35,37			8,58			19,87	

PROJECTION DE GLACE

		E1			E2			E3		
		281			281			281		
	Unités	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		24,83	0,25		24,83	0,25		24,83	0,25
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)									
	Chemin rural	Conformément aux recommandations de l'INERIS (p68 du Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens), en accord avec la littérature disponible, les possibilités d'impact de glace sur des personnes abritées par un véhicule étant négligeables, ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.			Conformément aux recommandations de l'INERIS (p68 du Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens), en accord avec la littérature disponible, les possibilités d'impact de glace sur des personnes abritées par un véhicule étant négligeables, ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.			Conformément aux recommandations de l'INERIS (p68 du Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens), en accord avec la littérature disponible, les possibilités d'impact de glace sur des personnes abritées par un véhicule étant négligeables, ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.		
	Chemin d'accès/Plateforme									
	Route communale									
	Route départementale									
	Structurante (> 2000 véh./jour)									
	Autoroute									
	Route structurante (2*2 voies)									
	Route structurante (2*1 voie)									
	Voie ferrée (2 voies)									
	Voie ferrée (1 voie)									
	Voie navigable									
	Chemins de randonnées	550	0,28	1,10	510,00	0,26	1,02	940,00	0,47	1,88
LOGEMENTS	Moyenne INSEE									
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)	Conformément aux recommandations de l'INERIS (p68 du Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens), en accord avec la littérature disponible, les possibilités d'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment étant négligeables, ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.			Conformément aux recommandations de l'INERIS (p68 du Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens), en accord avec la littérature disponible, les possibilités d'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment étant négligeables, ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.			Conformément aux recommandations de l'INERIS (p68 du Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens), en accord avec la littérature disponible, les possibilités d'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment étant négligeables, ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.		
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste									
	Autres									
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES		1,35			1,27			2,13		

EFFONDREMENT

	Unités	E1			E2			E3		
		135			135			135		
		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		5,38	0,05		5,53	0,06		5,36	0,05
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)									
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00	460,00	0,23	0,02
	Chemin d'accès/Plateforme		0,24	0,02		0,21	0,02		0,15	0,02
	Route communale	240	0,12	0,01		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)									
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00	460,00	0,23	0,92
LOGEMENTS	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES			0,09			0,08			1,01	

CHUTE DE GLACE

		E1			E2			E3		
		54			54			54		
		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		0,75	0,01		0,74	0,01		0,75	0,01
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)									
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,15	0,02		0,16	0,02		0,15	0,02
	Route communale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)									
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
LOGEMENTS	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES			0,02			0,02			0,02	

CHUTE D'ELEMENTS

		E1			E2			E3		
		54			54			54		
	Rayon d'effet depuis centroïde (m) :									
	Unités	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		0,75	0,01		0,74	0,01		0,75	0,01
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)									
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,15	0,02		0,16	0,02		0,15	0,02
	Route communale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)									
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
LOGEMENTS	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES			0,02			0,02			0,02	

ANNEXE 3 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide technique de l'INERIS. 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 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 courant 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	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser 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
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)	-
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

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 + 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
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)	-
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)	-
Emballlement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballlement 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)	-
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)

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	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	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	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	-
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)
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)
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	-

Voici la liste complémentaire de l'accidentologie INERIS basée sur la consultation de la base de données ARIA en date du 23/02/2021 et recensant des accidents survenus¹¹ du 01/01/2012 au 01/08/2020 :

- **04/01/2012 - WIDEHEM (62) – Projection de pale/morceau de pale** : Vers 20h50, alors que le vent souffle en rafales à plus de 100 km/h, les 6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha. Des usagers de l'A16 voisine signalent l'accident à l'aube. Sur place à 8h30, la force publique met en place un périmètre de sécurité. La vitesse sur l'autoroute est localement réduite à 90 km/h. La dépose des pales endommagées débute le 09/01. Les 5,4 t de déchets industriels banals, soit 35 m³, sont éliminées par la filière adaptée. Un arrêté préfectoral impose le maintien à l'arrêt des installations dans l'attente d'une réparation et d'essais confirmant leur sécurité. Les pertes matérielles sont estimées à 800 kEuros. Le manque à gagner se chiffre à 20 kEuros par semaine d'arrêt. Juste avant l'accident, une perte d'alimentation sur le réseau 20 kV pendant 300 ms a provoqué l'indisponibilité prolongée du poste source alimentant le site. Cette coupure électrique a déclenché la mise en sécurité passive des éoliennes (ouverture des électrovannes commandant le circuit hydraulique de freinage). Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale. L'éolienne détruite était également la seule du parc dépourvue de dispositif de ralentissement aérodynamique en bout de pale actionné par la force centrifuge. Elle en sera désormais équipée. Ce système protège mécaniquement les pales en réduisant la vitesse de rotation avant l'activation du frein hydraulique. Suite à l'accident, la vitesse de bridage des éoliennes est par ailleurs temporairement abaissée de 25 à 19 m/s. Ce modèle d'éolienne installé au début des années 2000 est impliqué dans au moins 2 autres accidents (ARIA 29385 et 38999).
- **06/02/2012 – LEHAUCOURT (02) – Accident de maintenance** : Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).
- **11/04/2012 - SIGEAN (11) – Projection de pale/morceau de pale** : Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'inspection des installations classées a été informée. L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.
- **18/05/2012 – FRESNAY-L'EVEQUE (28) – Chute de pale** : Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 2008, un aérogénérateur est mis à l'arrêt vers 3 h suite à la détection d'une oscillation anormale. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10. L'analyse des relevés des capteurs et des comptes-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion. L'exploitant demande à l'entreprise en charge de la maintenance, et fabricante, des éoliennes du parc de:
 - procéder au contrôle visuel des roulements de l'ensemble des éoliennes tous les 3 mois.
 - procéder au contrôle acoustique des roulements et de mesurer le niveau de corrosion.
 - supprimer la corrosion des alésages à risque.
 - contrôler l'absence de fissures résiduelles par courant de Foucault.

Les roulements de toutes les éoliennes du parc sont remplacés au cours de l'été 2018.

- **30/05/2012 – PORT-LA-NOUVELLE (11) – Effondrement d'éolienne** : Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut et la chute d'une éolienne. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.
- **01/11/2012 – VIEILLESPESE (15) – Chute d'un élément** : Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.

- **05/11/2012 – SIGEAN (11) – Incendie** : Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne. Le feu s'est déclaré en partie basse de l'éolienne (transformateur ou armoire basse tension). Les flammes ont ensuite atteint la nacelle, sans doute en se propageant le long des câbles électriques (non résistants au feu) à l'intérieur du mât. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante. Cet accident met en lumière la nécessaire tenue au feu des câbles, les possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.
- **06/03/2013 CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE (11) – Chute de pale** : A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.
- **17/03/2013 EUVY (51) – Incendie** : Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place. Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.
- **20/06/2013 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES (07) – Foudre** : Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. L'éolienne est mise en sécurité et un périmètre de sécurité est établi. La municipalité, l'aviation civile (défaut de balisage), les services de l'électricité et du téléphone, la société en charge de la maintenance et l'inspection des installations classées sont informés. L'impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA. L'exploitant change les 3 pales et redémarre l'éolienne le 02/08/13. Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérivation fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.
- **01/07/2013 CAMBON-ET-SALVERGUES (34) – Accident de maintenance** : Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pales d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. Une partie de la visserie de la vanne de fermeture reste solidaire de l'embout et se dévisse avec lui. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents. Le jet de gaz affecte ses voies respiratoires. Descendue de la nacelle de l'éolienne avec l'assistance de son collègue, la victime est hospitalisée. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour être expertisé. Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total. La survenue de l'accident malgré ce dispositif amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne : 8 000 machines sont potentiellement concernées. Dans l'attente des résultats d'expertise, les accumulateurs seront remplis en usine après démontage.
- **03/08/2013 MOREAC (56) – Fuite d'huile** : Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.
- **09/01/2014 ANTHENY (08) - Incendie** : Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile

¹¹ Les accidents liés à la mortalité d'espèces protégées ne sont ici pas pris en compte du fait de leur intérêt limité dans le cadre la présente étude de dangers (Cf. ARIA 55824, ARIA 55778, ARIA 55823, ARIA 55461).

sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.

- **20/01/2014 SIGEAN (11) - Chute de pale** : Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne et surveillé par une société de gardiennage pour éviter l'intrusion de tiers. L'ensemble des machines du parc est mis à l'arrêt pour inspection puis redémarré, à l'exception de l'éolienne endommagée dont la pale sera remplacée. L'exploitant informe l'inspection des installations classées ainsi que la mairie et déclare le sinistre auprès de ses assureurs dans l'après-midi. Le morceau de pale détaché est évacué du site en vue d'une expertise. Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale. Cette pièce sert de jonction entre la pale en fibre de verre et le moyeu métallique. Toutes les éoliennes du parc, sauf une, sont équipées de cette pièce. Avant remise en service du parc (qui avait été mis à l'arrêt suite à l'incident), des contrôles ultrasonores sont réalisés sur l'ensemble des pièces « alu ring ». 2 pales sont maintenues à l'arrêt à cause de la découverte d'une fissuration avancée de cette pièce. L'exploitant prévoit le remplacement, d'ici fin 2014, des pales des éoliennes à l'arrêt par des pièces faisant l'objet d'un nouveau design. Les autres feront l'objet d'un contrôle périodique afin de suivre l'évolution des fissures et de pouvoir programmer, le cas échéant, le remplacement ou la réparation des pales défectueuses.
- **14/11/2014 SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE (07) - Projection de pale/morceau de pale**: La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.
- **05/12/2014 FITOU (11) - Projection de pale/morceau de pale** : A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérovein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérovein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.
- **29/01/2015 REMIGNY (02) – Incendie** : A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80% de leur charge nominale.
- **06/02/2015 LUSSEY (79) - Incendie** : Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.
- **24/08/2015 SANTILLY (28) – Incendie** : Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.
- **10/11/2015 MENIL-LA-HORGNE (55) - Chute de pales** : Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m², sont ramassés. Selon l'exploitant, les premières constations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté. Au total 54 éoliennes du même modèle sont installées en France. Les services du ministère du développement durable demandent au fabricant d'établir un programme de contrôle adapté. A la suite des contrôles effectués sur les autres arbres lents du même parc d'éolienne, 2 d'entre eux sont remplacés.
- **07/02/2016 CONILHAC-CORBIERES (11) – Chute de pale/morceau de pale** : Vers 11h30, l'aérovein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux. Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérovein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérovein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aéroveins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.
- **08/02/2016 DINEAULT (29) - Projection de pale/morceau de pale**: Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m. L'éolienne, de 29 m de hauteur, datait de 1999 (puissance unitaire de 300 kW).
- **07/03/2016 CALANHEL (22) - Chute de pale** : Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement. Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée. L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h. L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes :
 - démantèlement de l'éolienne impactée ;
 - réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ;
 - inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ;
 - limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.
- **28/05/2016 JANVILLE (28) - Fuite d'huile** : À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.
- **10/08/2016 HESCAMPS (80) - Incendie** : Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.
- **18/08/2016 DARGIES (60) - Incendie** : Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.
- **14/09/2016 LES GRANDES CHAPELLES (10) – Accident de maintenance** : Vers 15 h, un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.
- **11/01/2017 - LE QUESNOY (59) - Fissure sur une pale d'éolienne** : Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. L'expertise de la pale conclut que le dommage est suffisamment réduit pour être réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement. L'exploitant envisage d'effectuer cette réparation au printemps, lorsque les conditions météorologiques permettront d'intervenir sans la déposer. Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique.
- **12/01/2017 - TUCHAN (11) – Chute de pale** : Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autour du mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès. L'éolienne, de 600 kW mise en service en 2002, était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu

pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité (parallèle au vent et aérofrein des pales activé), les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive. Après expertise, l'exploitant conclut que la cause la plus probable de la casse de l'arbre lent est un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé. Cette défaillance aurait induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas d'anomalie. Afin d'éviter le renouvellement de cet incident, l'exploitant prévoit d'équiper tous ses aérogénérateurs d'un capteur inductif de présence. Couplé au système de contrôle/commande de l'éolienne, ceci permettrait de mettre l'éolienne en sécurité dès que le roulement avant viendrait à s'affaïsser de plus de 1 mm. Dans pareil cas, un contrôle visuel et fonctionnel de l'ensemble roulement/arbre lent serait engagé. De plus, un contrôle vibratoire de la chaîne d'entraînement est planifié à intervalles réguliers afin de détecter un éventuel défaut d'alignement ou une contrainte particulière.

L'éolienne accidentée est remise en service après réparation de son mât et remplacement des pièces endommagées (pales, multiplicateur, arbre lent).

- **18/01/2017 - NURLU (80) - Chute de pale** : Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone. Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute. Sur place le lendemain, l'inspection des installations classées constate que les 2/3 de la pale sont brisés, mais que son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m.
- **27/02/2017 LAVALLEE (55) – Projection de pale/morceau de pale** : Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise. Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien. L'exploitant a découvert la casse le lendemain en se rendant sur place pour remettre le parc en service. Le parc a été mis en service en février 2011.
- **27/02/2017 TRAYES (79) - Projection de pale/morceau de pale** : Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site. L'exploitant envisage les facteurs suivants, seuls ou combinés, comme cause du bris de pale :
 - défaut au niveau du bord d'attaque de la pale ;
 - impact de la foudre ;
 - fortes rafales de vent.

À l'issue des contrôles sur les 4 autres éoliennes du parc, 2 d'entre elles sont remises en service. Des défauts sont découverts sur les 2 autres :

- les plans de collages entre la poutre structurelle interne (le spar) et les demi-coques aérodynamiques (blade shells) présentent par endroits d'importantes zones de décohésion ;
- des fissurations, portant atteinte aux structures des coques aérodynamiques et des plans de collages des bords d'attaque et bords de fuite des pales, sont présentes ;
- des collecteurs de foudre (diverter strip) sont manquants ou endommagés à la pointe de certaines pales.

L'exploitant s'engage à réaliser les réparations nécessaires avant la remise en service de ces 2 éoliennes.

- **06/06/2017 ALLONNES (28) - Incendie** : Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage. Le lendemain, l'inspection des installations classées se rend sur les lieux. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât. Les dégâts sont de nature à compromettre la stabilité mécanique du mât, de la nacelle, des pales et du rotor de l'éolienne. En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre. Un arrêté préfectoral d'urgence demande à l'exploitant :
 - la mise en sécurité de l'éolienne avec démontage des éléments risquant de chuter et matérialisation d'un périmètre de sécurité de 300 m ;
 - une surveillance de l'environnement avec analyse de la pollution des sols et évacuations des déchets.

L'éolienne est démantelée le 17/06/17.

- **08/06/2017 - AUSSAC-VADALLE (16) - Chute de pale** : Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne. L'expertise réalisée par le fabricant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.
- **24/06/2017 CONCHY-SUR-CANCHE (62) - Chute de pale** : Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mât. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site. Le vent était faible au moment de l'événement.
- **17/07/2017 FECAMP (76) - Chute de pale/morceau de pale** : Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17. L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation.
- **24/07/2017 MAURON (56) - Fuite d'huile** : Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain. Une société spécialisée réalise un diagnostic de l'état des milieux sur 3 500 m² en réalisant 7 sondages du sol. Seule une zone de pollution de 2 m² sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés. La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite.
- **05/08/2017 - PRIEZ (02) – Chute de pale** : Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.
- **08/11/2017 - ROMAN (27) - Chute d'éléments** : En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt. L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles. L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire. L'exploitation du parc éolien reprend le lundi 13. Le carénage accidenté est remplacé.
- **01/01/2018 - BOUIN (85) – Effondrement d'une éolienne** : En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc. Il met en place un gardiennage. L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, conjointement avec son fabricant. 3 jours avant l'accident, alors que le vent souffle à plus de 40 m/s, le contrôle de l'orientation des 3 pales de l'éolienne est perdu. Le système de contrôle des pales stoppe automatiquement la turbine. Les conditions météorologiques ne permettant pas d'intervention directe sur l'aérogénérateur, la situation est diagnostiquée à distance. À la suite d'une erreur d'interprétation des données, un opérateur place l'éolienne dans une position qui entraîne une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Les dispositifs de protection contre la survitesse s'activent, mais la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât excèdent alors largement les limites de conception de l'éolienne, qui s'effondre. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrirait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels. Les autres éoliennes du site redémarrent après des vérifications spécifiques et le remplacement de leurs blocs de frein du système d'orientation des pales. L'exploitant :
 - révisé la procédure d'intervention en cas de défaillance du système d'orientation des pales et y forme ses agents ;
 - met à jour les instructions de maintenance de ce système : le remplacement de tout ou partie des blocs de frein est planifié tous les 5 ans ;
 - met en place un outil spécifique pour le diagnostic d'une défaillance potentielle des blocs de frein qui compare la position effective des pales à la consigne ;

- adresse une note de sécurité aux exploitants des parcs équipés du même type d'éolienne.

- **04/01/2018 - NIXEVILLE-BLERCOURT (55) – Projection de pale/morceau de pale** : Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.
- **06/02/2018 - CONILHAC-CORBIERES (11) - Chute de pale/morceau de pale** : Vers 11h30, l'aéofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés. À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aéofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute. Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant (ARIA 47675).
- **08/03/2018 - VILLERS-GRELOT (25) – Défaillance mécanique** : Dans un parc de 14 éoliennes, l'alarme de suivi des vibrations de composants mobiles de l'une d'elle s'active. La machine s'arrête automatiquement. Une équipe de l'exploitant se rend sur place. Elle constate qu'une dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice, est cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement. L'exploitant contacte le fabricant de l'éolienne. Ce dernier détecte un défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide : une inclusion de bulle d'air est découverte dans l'acier. L'exploitant demande à son fournisseur des améliorations organisationnelles dans ses processus de fabrication ainsi que dans la disponibilité des pièces et des intervenants. La pièce défectueuse est remplacée. La production de l'aérogénérateur reprend après 39 jours d'arrêt
- **01/06/2018 – MARSANNE (26) – Incendie** : Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. Les pompiers placent des lances en prévention de l'extension du sinistre à la végétation car des morceaux incandescents chutent au sol. Ils maîtrisent l'incendie. La nacelle est entièrement brûlée ainsi que la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base. Des barrières sont posées sur les accès et un gardiennage est effectué. La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert. L'exploitant estime les dégâts à 2 M€.
- **05/06/2018 – AUMELAS (34) – Incendie** : Un feu se déclare vers 18h45 dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. 10 minutes plus tard, l'exploitant découple à distance le parc éolien du réseau électrique. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. Les pompiers laissent l'incendie se terminer sous surveillance mais placent des lances en prévention d'une propagation du sinistre à la végétation. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. 50m² de végétation ont brûlé. L'accès à la zone est interdit et surveillé. Les débris sont ramassés. Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie.
- **04/07/2018 – PORT-LA-NOUVELLE (11) - Chute de pale/morceau de pale** : Vers 18 h, une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments ont été projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité. Un gardiennage permanent est mis en œuvre le temps de l'évacuation de tous les débris (jusqu'au 08/07 20 h).
L'inspection des installations classées se rend sur place 2 jours après et demande à l'exploitant de :
 - nettoyer la zone pour évacuer l'ensemble des débris et les remettre à une filière agréée ;
 - maintenir un gardiennage jusqu'à la mise en place d'un balisage renforcé autour de l'éolienne ;
 - maintenir le parc éolien à l'arrêt jusqu'aux résultats des investigations menées pour connaître l'origine de l'incident et la mise en œuvre d'actions préventives / correctives préconisées sur les 4 autres éoliennes du parc.
- **28/09/2018 – SAUVETERRE (81) – Incendie** : Vers 2h, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. Un riverain donne l'alerte. L'exploitant arrête les 4 aérogénérateurs du site. Les pompiers interviennent. Ils rencontrent des difficultés d'accès à la zone sinistrée. Des éléments enflammés chutent au sol. Le feu se propage à la végétation voisine. Les pompiers maîtrisent le sinistre à 6h30. Ils maintiennent une surveillance en raison des risques de reprise de feu. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage de la zone. La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. La machine est démantelée début novembre. 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, ont brûlé. La gendarmerie effectue une enquête. La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès les amènent à conclure à un acte de malveillance.
- **17/10/2018 – FLERS-SUR-NOYE (80) – Fuite d'huile** : Vers midi, un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. Environ 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne, ainsi que des terrains cultivés adjacents, est d'environ 2 000 m². Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche, avant leur retraitement. De la terre végétale est mise en œuvre pour permettre la reprise de l'activité agricole. Un contrôle des prochaines récoltes est planifié. La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine. Selon le prestataire en charge de l'opération, un premier technicien n'a pas suffisamment serré le nouveau filtre hydraulique qu'il venait de mettre en place sur le circuit du

multiplicateur de vitesse. Le contrôle de cette opération, prévu par un second technicien, n'a pas été effectué. Un superviseur du prestataire intervient sur le site afin de suivre la qualité du travail et de réaliser la formation des techniciens.

- **06/11/2018 – GUIGNEVILLE (45) – Effondrement d'une éolienne** : Vers 6 h, une éolienne, d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les autres éoliennes de même type, dans 5 parcs éoliens. Un balisage et une surveillance sont mis en place. L'inspection des installations classées constate sur site que le mat s'est arraché de sa base en béton. Les filetages des boulons de fixation du mât sont arasés et les écrous sont arrachés. Des fissures circulaires sont présentes au niveau de la base en béton. L'équipement est expertisé. L'expertise conclut qu'une sur-vitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Cet emballement est consécutif au déclenchement d'un arrêt d'urgence alors que l'alimentation (par batterie) des 3 pales était en défaut, sachant que le passage d'une seule pale en position d'arrêt aurait permis d'arrêter l'éolienne. Les causes de la défaillance simultanée des alimentations électriques des 3 pales de l'éolienne relèvent de :
 - la conception de l'éolienne :
 - chaque pale est alimentée par 24 batteries montées en série : la défaillance d'une seule met en défaut l'alimentation électrique de l'arrêt d'urgence de la pale ;
 - le déclenchement de l'arrêt d'urgence désactive la boucle de régulation, rendant indisponible le contrôle de la vitesse de l'éolienne ;
 - la fiabilité des batteries : leur durée de vie est inférieure à celle annoncée par le fournisseur ;
 - le paramétrage et la gestion des alarmes : acquittements automatiques avec tentatives de redémarrage et insuffisance de la détection des alarmes ;
 - la gestion de la maintenance et de l'usure des batteries : les procédures n'ont pas été appliquées de manière correcte et les multiples alarmes sur l'aérogénérateur impliqué n'ont pas donné lieu à une analyse particulière des batteries.

L'exploitant prend les mesures suivantes :

- remplacement des batteries ;
- installation de diodes de by-pass sur les batteries afin de palier un ou plusieurs défauts sur un rack ;
- modification de la procédure de redémarrage après une alarme ;
- vérification mensuelle de l'arrêt d'urgence par test sur site.
- **18/11/2018 – CONILHAC-CORBIERES (11) - Chute de pale/morceau de pale** : Les 3 aérofrees en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée. L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité. La rupture des parties en fibre de verre ainsi que de l'axe en carbone de fixation de l'aéofrein est constatée. Un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018 (ARIA 51122).
- **19/11/2018 – OLLEZY (11) - Chute de pale/morceau de pale** : À 11h30, un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. Les communes environnantes sont prévenues. La zone est sécurisée et un balisage du pied de la turbine et de la pale au sol est mis en place. Le site est placé sous surveillance. Les 8 autres éoliennes du parc, mis en exploitation l'année précédente, redémarrent un mois et demi plus tard.
- **03/01/2019 - LA LIMOUZINIÈRE (44) – Incendie** : Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150 m. Ils quittent le site à l'arrivée de la société de maintenance vers 3h35 puis de l'exploitant vers 5h15. Un kit anti-pollution est mis en place par l'exploitant afin de contenir les coulures d'huile le long du mât. Ces huiles s'enflamment au niveau du sol. L'exploitant parvient à éteindre le départ de feu à l'aide de l'extincteur située dans son véhicule. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales. Une incertitude majeure plane sur leur tenue mécanique. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage. Le périmètre de sécurité est porté à 200 m. L'exploitant envisage de démanteler la machine mais l'opération s'avère compliquée en raison du risque de chute d'éléments. Début février, l'essentiel des déchets de fibre de verre sont ramassés.

Selon les premiers éléments de l'enquête, une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie. Celle-ci avait été bridée à 50 % de sa puissance depuis une quinzaine de jours à la suite de la détection d'une usure de roulement par le système de surveillance vibratoire. Une intervention de maintenance, effectuée le 28/12, avait mis fin à ces vibrations caractéristiques d'un défaut de roulement. Cependant, des signes de délignage avaient fait leur apparition. Selon l'exploitant, l'analyse du système de surveillance mettrait en évidence un phénomène harmonique à la fréquence de rotation de la génératrice.

- **17/01/2019 – BAMBIDERSTROFF (57) – Projection de pale/morceau de pale** : Vers 15 h dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. 2 morceaux chutent au sol, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre). Ce dernier est projeté à 100 m de l'éolienne. L'exploitant arrête les 5 autres aérogénérateurs du parc à 15h17. Il met en place un périmètre de sécurité et ramasse

la totalité des débris. Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence (manque de matière) entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.

- **20/01/2019 - ROUSSAS (26) – Incendie** : Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées. D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant
- **23/01/2019 - BOUTAVENT (60) – Effondrement** : Vers 14h40, le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m. Une coupure de courant impacte vers 13h30 le parc éolien, comptant 2 aérogénérateurs. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. La machine est entrée en survitesse jusqu'à la dislocation d'une pale. Le balourd en résultant aurait conduit au pliage du mât. Le fabricant met les 21 autres éoliennes du même modèle à l'arrêt. Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est dû à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique. Il effectue des tests sur toutes les batteries des éoliennes du même constructeur et effectue les remplacements nécessaires. Il modifie également son plan de maintenance : tous les 2 ans, une des 3 pales sera équipée de batteries neuves. Il fixe l'âge maximal d'une batterie en exploitation à 6 ans.
- **30/01/2019 – ROQUETAILLAGE (11) – Chute de pale/morceau de pale** : Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête les 27 autres aérogénérateurs du parc. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection des installations classées. Le parc éolien a connu des événements similaires, notamment en 2013 (ARIA 43576). Selon la presse, le site aurait également été victime d'un acte de malveillance en 2006.
- **12/02/2019 – AUTECHAUX (25) - Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes** : A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes. Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu. Ces roulements permettent la rotation de la pale sur elle-même pour les orienter face au vent et lancer, ajuster ou stopper la production. Les 6 fissures sont précisément localisées au niveau des goupilles coniques et trous de remplissage du roulement utilisés lors de l'assemblage des billes de roulement pendant la fabrication de la pièce. Sur les 6 fissures, 5 sont partielles (bague extérieure fissurée sur une partie seulement de sa section transversale) et 1 complète (bague extérieure fissurée sur l'ensemble de sa section transversale). Pour ces 6 éoliennes, le constructeur a prévu de déposer le rotor afin de remplacer les roulements par des roulements neufs. Dans l'attente de pouvoir réaliser ces remplacements, l'exploitant réalisera une inspection visuelle toutes les 2 semaines afin de vérifier si l'épaisseur de la fissuration reste inférieure à 3 mm et si le couple de serrage des goujons est toujours bon. Il mettra également en place une plaque de renfort stabilisatrice destinée à réduire les contraintes au niveau de la bague extérieure, centrée sur les goupilles coniques et trous de remplissage et s'étendant sur 16 goujons des bagues. La même plaque de renfort stabilisatrice sera mise en place sur l'ensemble des éoliennes des 3 parcs, qu'une fissure ait été détectée ou non lors de ces contrôles. Ces plaques constituent une réparation définitive et sont vouées à rester durant la vie de l'éolienne. L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements.
- **23/03/2019 – ARGENTONNAY (79) – Fuite d'huile** : A 19h37, une fuite d'huile se produit depuis le multiplicateur au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'éolienne se met automatiquement à l'arrêt à la suite d'une défaillance au niveau d'un composant tournant du multiplicateur. La majorité de l'huile est contenue dans la partie basse de la nacelle. Le reste s'écoule par débordement le long du mat par l'extérieur jusqu'au socle en béton au pied de l'éolienne. Le lendemain à partir de 10 h, l'exploitant intervient au niveau :
 - du multiplicateur pour éviter tout risque d'écoulement supplémentaire ;
 - de la nacelle pour pomper l'huile contenue ;
 - du pied de la fondation afin de déposer des absorbants pour éviter une pollution au-delà du socle béton ;

Sur les 450 l d'huile mécanique présents dans le multiplicateur :

- 230 l étaient contenus dans les compartiments étanches du multiplicateur ;
- 120 l ont été récupérés par l'exploitant directement depuis le compartiment fuyard du multiplicateur ;
- 100 l étaient dans le fond de la nacelle. 10 à 20 l ont débordé le long du mat en face extérieure ;
- 5 à 10 l ont été absorbés en pied de mat par l'exploitant ;
- 1 à 2 l ont débordé sur la végétation jouxtant la plate-forme.

L'exploitant stocke l'huile absorbée dans des bidons sur rétention dans l'attente d'une prise en charge pour évacuation par une société agréée. L'intérieur de la nacelle et le mat sont nettoyés. La terre végétale entourant le socle du mat et potentiellement polluée par l'huile est retirée.

La rupture d'un composant tournant du multiplicateur est à l'origine de l'incident. Un plan d'intervention pour le remplacement du multiplicateur est mis en place. Son démontage en atelier devrait permettre de découvrir les causes de la rupture du composant.

- **02/04/2019 - EQUANCOURT (80) – Foudre** : Dans l'après-midi, lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. Un élu constate une trace noire sur une des pales de la machine. Il alerte le gestionnaire du site. Après constat sur place, l'éolienne est arrêtée à distance à 18h30. Une équipe technique, arrivée sur place à 20h37, place les pales en drapeau et positionne la pale impactée vers le bas, le long du mât, pour éviter tout risque complémentaire. La zone au pied de l'éolienne est balisée pour prévenir tout risque d'accident. L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm². Le lendemain matin, un expert de la société de fabrication et maintenance de l'éolienne inspecte l'équipement et la pale endommagée. Il estime qu'il n'y a pas de risque d'aggravation des dégâts ni de chute de composants tant que l'éolienne reste à l'arrêt avec les pales mises en drapeau. Une autre inspection les jours suivants permet de confirmer qu'aucune autre des éoliennes n'a été touchée par la foudre. La pale est déposée pour la réparer.
- **15/04/2019 - CHAILLY-SUR-ARMANCON (21) – Accident Maintenance** : Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Les pompiers interviennent sur les lieux. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. L'éolienne est sécurisée par le personnel de maintenance. La victime est légèrement blessée. Elle est transportée en centre hospitalier.
- **18/06/2019 - QUESNOY-SUR-AIRAINES (80) – Incendie** : Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction. Le lendemain, des pièces déposées au pied de l'éolienne à la suite de l'incendie sont dérobées. D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.
- **25/06/2019 - AMBON (56) – Incendie** : Vers 15h45, lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne dans un parc mis en service en 2008 comportant 6 machines de 120 m pour une puissance totale de 10,02 MW. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Un périmètre de sécurité de 500 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50. Des fuites d'huile avaient été constatées en 2015 et 2018 sans avoir été nettoyées.
- **27/06/2019 - CHARLY-SUR-MARNE (02) – Chute de pale/morceau de pale** : Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale. À la demande des techniciens, l'éolienne est arrêtée à distance. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc. Un arrêté municipal interdit, dès le lendemain, l'accès à l'ensemble du parc éolien pour une durée indéterminée. La vitesse du vent au moment du détachement était comprise entre 6 et 7 m/s. La température extérieure était de 22 °C sachant que de très fortes chaleurs sévissaient pendant la période. En septembre 2016, les pales de l'éolienne avaient été inspectées. Des reprises de peinture et la réparation d'une fissure avaient été réalisées. Ces défauts avaient été classés comme mineurs. En octobre 2018, une inspection visuelle n'avait révélé aucun défaut.
- **03/07/2019 – SIGEAN (11) – Foudre** : A 18 h, une éolienne d'un parc s'arrête automatiquement à la suite d'une alarme vibration provoquée par un impact de foudre. Le lendemain, à 10 h, l'exploitant constate un impact sur le milieu de la pale et une ouverture du bout de pale sur 2 m. L'exploitant découpe l'extrémité de la pale endommagée pour éviter sa rupture complète. Le morceau de pale est stocké en vue d'une expertise. La machine est à l'arrêt et le rotor en position de sécurité.
- **04/09/2019 – ESCALES (11) – Chute de pale/morceau de pale** : A 19h38, l'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. L'arrêt de l'éolienne est anormalement brutal si bien que deux aérofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne, l'un étant retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble des éoliennes du parc. Le rotor de l'éolienne incriminée est bloqué mécaniquement. Un périmètre de sécurité de 20 m est mis en place. Les débris ramassés sont envoyés vers une filière de recyclage agréée.
- **28/11/2019 – HANGEST-EN-SANTERRE (80) – Chute d'éléments** : Dans un parc éolien, le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol. L'éolienne concernée ainsi que l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt. L'exploitant et l'opérateur de maintenance inspectent l'éolienne et l'ensemble du parc.
- **06/12/2019 – AVELANGES (21) – Perte de contrôle** : Vers 15 h, alors qu'une équipe d'installation réalise un travail d'étiquetage sur une éolienne, cette dernière commence à tourner malgré l'absence de raccordement électrique. L'équipe évacue en urgence par l'échelle. Les secours mettent en place un périmètre de sécurité de 800 m autour de l'équipement. Les gendarmes stoppent la circulation sur la route voisine. Les conditions climatiques, vent violent, empêchent l'équipe d'intervenir pour mettre en sécurité la machine. Le lendemain vers 11 h, l'équipe bloque le rotor et remet les pales en position de sécurité. L'incident se produit au cours de la préparation à la mise en service de l'éolienne. La mise en mouvement non contrôlée est due à une erreur de

positionnement des angles des pales la veille de l'accident à 18 h et à la présence de vent violent. L'exploitant renforce la procédure de positionnement des pales avec un contrôle extérieur obligatoire malgré le brouillard ou l'obscurité.

- **09/12/2019 - LA FORET-DE-TESSÉ (16) – Projection de pale/morceau de pale** : Vers 18 h, un riverain constate la chute d'un bout de pale de 7 m d'une des 12 éoliennes du parc. L'éolienne concernée s'arrête. L'exploitant met en sécurité les 11 autres éoliennes. Un périmètre de sécurité de 150 m et une surveillance sont mis en place pour interdire l'accès au public. La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (2 points de rupture à 16,5 m et 47 m de la racine de la pale). Des débris solides (fibres de verre, fibres de carbone, PVC) sont projetés sur 2 parcelles agricoles aux alentours. Un morceau de 30 m initialement resté accroché à la racine de la pale tombe 48 h plus tard suite aux forts vents. Le ramassage des débris ainsi que le bâchage des 2 plus gros morceaux de pale au sol afin d'éviter l'éparpillement de nouveaux débris sont réalisés. L'exploitant recherche les causes de cette rupture sachant qu'aucun emballement du rotor n'a été détecté dans les secondes qui ont précédé l'incident. Le lot de fabrication de la pale sinistrée est identifié par le constructeur. Les contrôles réalisés le lendemain du sinistre sur l'ensemble des 11 autres éoliennes n'identifient pas de dommage, d'imperfection ou de trace de foudre. La dernière inspection du constructeur réalisée par drone 8 mois plus tôt n'avait révélé aucun défaut.
- **16/12/2019 - POINVILLE (28) – Incendie** : Vers 12h30, un feu sans flamme se déclare sur une éolienne d'un parc éolien. A 13h10, de la fumée blanche est constatée. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent l'équipement. Vers 16 h, il n'y a plus de fumée, les pompiers inspectent la machine en pied et quittent le site vers 17 h. Seules les gaines protectrices des câbles de puissance ont brûlé sur 10 m de long. L'expert en assurance suppose une combustion sans flamme et estime la température atteinte en nacelle en dessous de 100 °C. L'exploitant inspecte toutes les autres éoliennes du même type. Il transmet l'information au fabricant et à la filière.
- **17/12/2019 – AMBONVILLE – Incendie** : A 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre. L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.
- **22/01/2020 – SAINT-SEINE-L'ABBAYE – Chute d'éléments** : Au cours d'une patrouille de routine à 11 h, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne. Il contacte l'exploitant par le numéro d'urgence. L'entreprise de maintenance se rend sur place pour récupérer l'équipement. L'incident est sans conséquence, le joint permet principalement de diminuer les turbulences au niveau du rotor. Ce joint de pale avait glissé sur le premier mètre de la pale 2 semaines plus tôt et une intervention était prévue la semaine de l'évènement. L'évènement est causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps. Le joint de pale se compose de trois parties distinctes. Chaque partie est boulonnée à la plaque d'à côté afin d'englober tout le tour de la pale. L'ensemble est fixé par un collier métallique autour de la pale et des colliers auto-serrant en plastique. Le collier métallique englobant la pale a "travaillé" avec le temps et n'a plus rempli son rôle de serrage. L'exploitant précise que l'évènement peut être lié aux conditions de vent élevées lors de la rupture. L'exploitant programme une intervention pour remettre en place le joint de pale avec une nouvelle fixation et renforce l'information des techniciens sur la vérification du serrage des fixations lors des maintenances périodiques. Il améliore également le délai d'intervention lors de la détection de glissement des joints.
- **09/02/2020 - BEAUVEVOIR (02) – Projection de pale/morceau de pale** : Dans la nuit, une pale d'une éolienne située dans un parc composée de 5 machines, se brise lors du passage de la tempête Ciara. L'exploitant se rend sur place pour sécuriser la zone. L'éolienne était à l'arrêt, pour une opération de maintenance, au moment de la tempête. L'exploitant place la pale endommagée en position basse, ôte les débris qui peuvent se détacher et met à l'arrêt les autres machines du parc. Il informe la mairie et les propriétaires fonciers de l'incident. Une inspection externe de l'ensemble des pales du parc par téléobjectifs est réalisée. Quelques jours plus tard, l'inspection des installations classées constate la mise en place de barrières pour interdire l'accès aux différentes éoliennes du parc. Elle demande à l'exploitant de maintenir les éoliennes à l'arrêt et d'établir un périmètre de sécurité dans l'aire de survol des éoliennes jusqu'à l'identification de l'origine de la rupture. Elle préconise le démantèlement complet de la pale afin d'éviter toute chute d'éléments et la réalisation d'investigations internes des autres pales du site. Des débris de pales en fibre de verre sont projetés dans les champs jusqu'à plusieurs centaines de mètres en raison des vents importants au moment de la rupture. Certains débris traversent une route départementale. L'exploitant mandate une société spécialisée pour collecter les différents fragments, estimés à environ 800 kg, et les envoyer dans la filière de traitement dédiée. Un traitement des sols est aussi envisagé pour s'assurer de l'absence totale de résidus. D'après l'exploitant, les conditions météorologiques durant le week-end sont à l'origine de la rupture de la pale.
- **09/02/2020 – WANCOURT (62) - Endommagement nacelle** : Le lendemain du passage de la tempête Ciara, des dommages sont visibles au niveau de l'aileron de la nacelle d'une éolienne. L'exploitant sécurise l'accès au site par la mise en place d'un périmètre de sécurité. L'aileron est sanglé par les pompiers puis le lendemain par le maintenancier. L'éolienne ne redémarrera pas avant que les causes profondes de l'incident ne soient déterminées.
- **26/02/2020 - THEIL-RABIER (16) – Chute d'éléments** : Une pale d'éolienne se rompt sur un parc comportant 12 éoliennes. L'éolienne s'arrête en sécurité et le reste des machines du parc sont mises à l'arrêt à distance par l'exploitant. Un périmètre de sécurité est mis en place. Le morceau principal reste accroché à la base de la pale. Des fragments de fibre sont retrouvés au sol au pied de la machine. L'exploitant fait intervenir le constructeur pour réaliser une expertise. Le lot de fabrication de la pale

sinistrée est identifié par le constructeur. L'hypothèse de rupture est liée à un défaut interne de la pale. Une pale d'une autre éolienne s'est brisée sur le même site 2 mois auparavant, provoquant l'arrêt du parc pendant près d'un mois (ARIA 54810). Le contrôle visuel réalisé à la suite de cet événement sur l'ensemble du parc n'avait rien révélé sur la pale impliquée.

- **29/02/2020 – BOISBERGUES (80) – Incendie** : Vers 13h25, un feu se déclare au niveau du moteur d'une éolienne. L'électricité est coupée et l'éolienne est mise à l'arrêt. Un technicien et le groupe d'intervention en milieu périlleux des pompiers sont sur place. Le feu est resté sur le mât sans atteindre les pâles. L'éolienne est hors-service. L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile.
 - **24/03/2020 - FLAVIN (12) – Incendie** : A 9h40, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. A 9h42, l'exploitant perd la communication avec l'éolienne. La caméra du site confirme l'incendie. Le disjoncteur est ouvert à distance. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. A 12 h, l'incendie est terminé. Les 4 autres éoliennes sont arrêtées. Dès le lendemain, l'exploitant met en place un gardiennage par une société extérieure et une surveillance permanente à distance via une caméra. Il analyse les systèmes de surveillance du fonctionnement de l'éolienne pour identifier l'origine de l'incendie et définir les mesures à mettre en œuvre. L'éolienne était en fonctionnement normal et les conditions météorologiques peu contraignantes au moment de l'incident. Des coulures d'huiles sont visibles sur la partie supérieure du mât mais aucune pollution du sol n'est constatée. L'incendie est limité à la nacelle et au rotor. Une route départementale est interdite à la circulation pour 2 semaines. Des pertes d'exploitation sont à prévoir.
- A la suite de la visite sur site de l'inspection des installations classées 3 jours après l'incendie, l'exploitant doit, pour la mise en sécurité du site :
- élargir le périmètre de sécurité et mettre en place des panneaux d'information, car le risque de chute d'éléments n'est pas écarté ;
 - démonter les éléments susceptibles de chuter ;
 - collecter les débris générés par l'incendie et les éliminer en filière de traitement ;
 - réaliser une analyse des sols afin de caractériser un éventuel impact.
- **31/03/2020 – LEHAUCOURT (02) – Fissuration de pale** : A 14h30, à l'occasion d'un contrôle visuel effectué depuis le sol, un technicien constate une fissure sur la pale d'une éolienne. Le défaut, identifié pour la première fois en novembre 2019, a significativement évolué. L'exploitant met à l'arrêt l'éolienne, balise la zone et informe l'agriculteur. Une inspection visuelle et un tape-test sont réalisés depuis une nacelle élévatrice. L'exploitant prévoit de remplacer la pale. L'arrêt de l'éolienne engendre une perte d'exploitation de 90 000 €. La fissure est due à un défaut de collage au moment de la fabrication de la pale. Les intempéries ont aggravé cette dégradation. Huit autres pales de ce même parc éolien sont concernées par le défaut de fabrication. L'exploitant prévoit des inspections tape-test et thermographiques sur ces pales pour évaluer le degré de gravité du défaut de collage et déterminer les réparations à effectuer. Ce plan d'actions était prévu avant la découverte de l'aggravation du défaut, mais a été retardé jusqu'au mois de mai à cause de la crise sanitaire liée à la Covid-19.
 - **10/04/2020 - RUFFIAC (56) – Fuite d'huile** : Une entreprise responsable de la maintenance d'un parc éolien constate une fuite d'huile hydraulique au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 l d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation. L'exploitant du parc est alerté. Il mandate une société spécialisée pour réaliser le nettoyage des zones affectées : la dalle béton et les sols à proximité. La dalle est nettoyée par un lavage haute pression. Pour le traitement des terres, la société envoie un prélèvement en laboratoire pour analyses. Les terres contiennent principalement des hydrocarbures. 11,6 t de terres sont évacuées pour traitement biologique. La zone excavée est remblayée avec des graviers. L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne. Une enquête est en cours par la société en charge de la maintenance, afin d'adapter les points de contrôle.
 - **20/04/2020 - LE VAUCLIN (972) – Incendie** : Peu avant 14 h, un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement, programmé au 2^{ème} trimestre 2020, dans un parc éolien comportant 4 éoliennes. Le parc est à l'arrêt depuis le début de l'année 2020. L'incendie de l'huile du transformateur électrique se propage aux broussailles à proximité. Les secours ne pouvant intervenir à cause de la présence d'électricité, un technicien de la société propriétaire de l'éolienne se rend sur place pour couper le courant électrique. Ils évitent la propagation de l'incendie aux alentours, puis éteignent l'incendie vers 16 h une fois l'installation mise hors tension. Un court-circuit dû à un manicou (famille des marsupiaux) serait à l'origine de l'incendie. Un animal est retrouvé mort dans le tableau électrique du transformateur d'une autre éolienne.
 - **30/04/2020 - PLOUARZEL (29) – Chute d'éléments** : Une pale de 20 m de long d'une des 5 éoliennes d'un parc éolien présente une pliure. De forts craquements sont audibles à 300 m de l'éolienne. Une partie de 1,5 m chute au sol. Un technicien sur place pour une intervention constate l'avarie vers 11h20. Le responsable d'exploitation et une équipe arrêtent et mettent en sécurité les 5 éoliennes du parc. Un gardiennage 24h/24 et un périmètre de sécurité de 50 à 60 m sont mis en place. Le périmètre est renforcé par un arrêté municipal qui interdit l'accès au chemin rural. Quatre jours après le constat, l'exploitant bloque mécaniquement le rotor afin de réduire les efforts mécaniques sur les structures mobiles de l'éolienne. Les travaux de réparation de la pale endommagée nécessitent l'installation d'une plateforme pour grue. Elle est mise en place 13 jours après l'incident.

L'exploitant organise des vérifications avant de pouvoir remettre en service le parc. Les mesures de sécurité doivent être maintenues tant que la pale n'est pas démontée.

La pale endommagée présente une détérioration à mi-longueur. Des traces de choc sur le mât sont visibles, la pale a probablement heurté plusieurs fois le mât avant de se briser. Des débris de fibres de verre et de colle sont présents dans un rayon de 60 m autour de l'éolienne. L'exploitant collecte ces déchets.

Le système de surveillance de l'éolienne n'a pas détecté les chocs de la pale sur le mât, ni de déséquilibre dans la rotation des pales. L'exploitant confirme que l'éolienne, âgée de 20 ans, n'est pas dotée de dispositif de balourd. D'après les premiers éléments d'analyse de l'exploitant, l'éventualité d'un impact de foudre n'est pas écartée, ou d'une mauvaise orientation des pales, qui a pu entraîner un défaut généralisé. L'inspection des installations classées avance l'hypothèse de coups de vents à répétition dans la zone d'implantation, dont la vitesse serait supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne, et qui auraient pu avoir fatigué prématurément les pales.

L'inspection des installations classées estime que l'exploitant doit :

- investiguer les possibilités d'améliorations des systèmes de surveillance et de détections des anomalies, notamment celles qui affectent l'équilibrage de l'éolienne ;
- préciser la compatibilité du dimensionnement initial de l'éolienne avec les conditions aérauliques réelles du site d'implantation en prenant en compte le vieillissement des structures mécaniques.

- **01/08/2020 - ISSANLAS (07) – Incendie** : A 15 h, des techniciens en intervention dans un parc éolien constatent un dégagement de fumée au niveau de la nacelle d'une éolienne. Ils alertent l'exploitant qui arrête l'ensemble du parc. Le gestionnaire du réseau électrique coupe le réseau HT. De la fumée est visible et des débris tombent au pied de l'éolienne. Les pompiers interviennent au sol pour éteindre des départs de feu de broussailles. La fumée s'estompe d'elle-même en 15 minutes. A 17 h, le parc éolien est relancé sauf l'éolienne impactée. L'exploitant met en place un gardiennage. Il contrôle visuellement l'ensemble des pales. Aucun dommage n'est constaté.

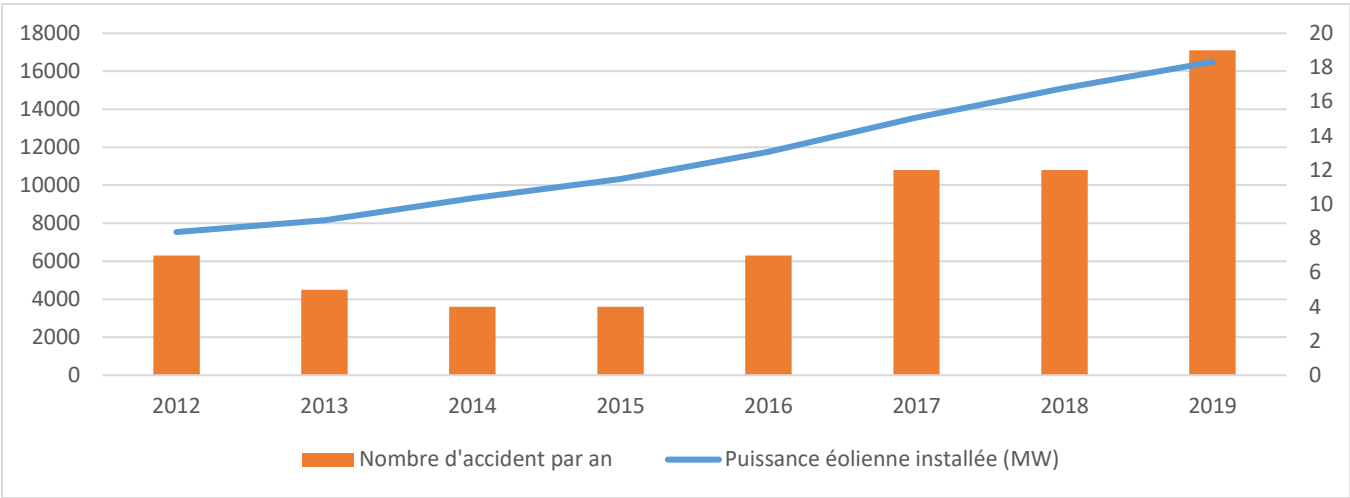
Des résidus en combustion ont atteint le sol, ce qui a provoqué des dégâts sur 20 m² de végétation au pied de l'éolienne. Les dégâts internes restent concentrés au niveau de la génératrice en nacelle et nécessitent des réparations. L'éolienne reste à l'arrêt pendant 7 semaines, impliquant des pertes d'exploitation.

Le dégagement de fumées résulte de l'échauffement des pièces de protection (vernis, carters en plexiglas, carcasse en caoutchouc) de la génératrice de l'éolienne. Au cours du redémarrage de la machine, une combustion localisée au niveau du joint caoutchouc entre les carénages de la génératrice et les enroulements du stator a provoqué l'échauffement du carénage de protection. Après analyse, l'exploitant constate que les performances du joint, qui sert à orienter le flux d'air sur la génératrice, ne sont pas conformes. Les caractéristiques du joint associées à une faiblesse locale d'isolement de la génératrice ont entraîné la combustion du joint.

De plus, le détecteur de fumée de l'éolienne signalait un défaut qui n'a pas été transmis au centre de contrôle, car une alarme de priorité supérieure, un défaut de terre, a été détectée avant. Ce premier défaut électrique a provoqué la mise à l'arrêt de la machine avant le dégagement de fumées. Ce dernier a été détecté par des opérateurs en intervention sur une autre machine.

Un nettoyage à la glace carbonique des suies présentes autour de la génératrice est effectué les jours suivants. L'exploitant corrige le défaut lié au détecteur de fumées et met à jour le logiciel de traitement des alarmes sur toutes les machines. L'isolation de la génératrice est renforcée. Il prévoit également de remplacer tous les joints en caoutchouc par des joints silicones avec les performances requises.

La figure suivante présente l'évolution de la puissance éolienne installée entre 2012 et 2019 et le nombre annuel d'accident recensé sur la base ARIA :



ANNEXE 4 – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios 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 VII.4. de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios 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 scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios 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 scénarios 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).

Scénarios 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.

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrages 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.

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

Les éventuels incendies interviendront dans le cas ou 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.

Scénarios 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 danger. 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 :

- Ecoulement 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.

Scénarios 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.

Scénarios 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'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios 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, emballement de l'éolienne

Scénarios 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.

Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

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 5 – 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 :

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

- P_{ERC} = probabilité que l’évènement 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’évènement 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

Par souci de simplification, la probabilité d’accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l’évènement 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’évènement redouté central.

Evènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l’ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d’exposition	Probabilité d’atteinte
Effondrement	Rare (D) → 10 ⁻⁴	1,24*10 ⁻²	1,24*10 ⁻⁶ (E)
Chute de glace	Courant (A) → 1	11*10 ⁻⁵	11*10 ⁻⁵ (D)
Chute d’éléments	Improbable (C) → 10 ⁻³	1,28*10 ⁻²	1,28*10 ⁻⁵ (D)
Projection de tout ou partie de pale	Rare (D) → 10 ⁻⁴	1,7*10 ⁻⁴	1,7*10 ⁻⁸ (E)
Projection de morceaux de glace	Probable (B) → 10 ⁻²	4*10 ⁻⁶	4*10 ⁻⁸ (E)

Les seuls ERC pour lesquels la probabilité d’atteinte n’est pas de classe E sont ceux qui concernent le phénomène de chute 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 6 – 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.

Evénement initiateur : Evénement, 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.

Evénement redouté central : Evénement 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 danger (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger ») : 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 danger » 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 danger (ou potentiel de danger), 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 scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios 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 document sont listés et explicités ci-dessous :

APR : Analyse Préliminaire des Risques

EDD : Etude de dangers

ERP : Etablissement Recevant du Public

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] 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
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 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
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] 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
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005