nca environnement

Siège social
NCA environnement
11, allée Jean Monnet
86170 Neuville-de-Poitou
Tél. 05 49 00 43 20
Fax 05 49 00 43 30
Email : accueil@nca-env.fr
www.nca-env.fr

Agences
- 16, Grand'Rue
  86500 Montmorillon
  Tél. 06 48 18 88 87
- Parc Atlantique
  3, rue du Clos Fleuri
  17100 Saintes
  Tél. 09 70 72 20 54

PROJET DE PARC EOLIEN DU BOIS DE CHAUMONT

Gâtin'EOLE Ouest

Mai 2021
(Complété en septembre 2021)

PROJET DE PARC ÉOLIEN « du bois de Chaumont »

Communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande (45)

Dossier de demande d'autorisation environnementale

au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Énergies renouvelables

Hydraulique urbaine
Eau et Assainissement

Milieu naturel

Ingénierie environnementale

Hydraulique fluviale

Agriculture
Environnement

<u>VOLUME 4 :</u> Étude de dangers

Rapport final

(Photographie de couverture : NCA, mai 2020)

FICHE DE SUIVI DU DOCUMENT	
Coordonnées du commanditaire	La SICAP Réseaux d'énergies pour le compte de Gâtin'EOLE Ouest Représentée par Imagin'ERE (Monsieur Didier MAZENS) 3, rue du Moulin de la Canne - BP 458 45 304 PITHIVIERS CEDEX
Bureau d'études	NCA Environnement 11, allée Jean Monnet 86 170 NEUVILLE-DE-POITOU

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS		
Version	Date	Désignation
0	08/01/2021	Création du document
0.1	19/04/2021	Modification de l'implantation
1	11/05/2021	Rapport final
1.1	14/10/2021	Reprise en phase d'instruction
2	18/10/2021	Version finale

Enregistrement des versions :

Versions < 1	versions de travail
Version 1	version du document déposé
Versions > 1	modifications ultérieures du document

AVANT-PROPOS

Le dossier de demande d'autorisation environnementale (DDAE) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement relatif au projet de parc éolien des communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande (45) est constitué de 6 volumes distincts, afin de faciliter sa lecture :

- **VOLUME 1 :** Pièces administratives et réglementaires ;
- **VOLUME 2 :** Note de présentation non technique ;
- **VOLUME 3 :** Étude d'impact sur l'environnement ;
- **VOLUME 4 : Étude de dangers** ;
- **VOLUME 5 :** Résumés non techniques de l'étude d'impact sur l'environnement et de l'étude de dangers ;
- **VOLUME 6 :** Études spécifiques, dont les principaux résultats et conclusions sont synthétisés dans l'étude d'impact (Volet Paysage, Volet Milieu naturel, Étude acoustique, etc.).

Le présent volume (4/6) du DDAE présente l'étude de dangers du projet de parc éolien du Bois de Chaumont (45).

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 3

I. INTRODUCTION 6
I. 1. Objectifs de l'étude de dangers 6
I. 2. Contexte législatif et réglementaire 6
I. 3. Nomenclature des installations classées 7

II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION 7
II. 1. Renseignements administratifs 7
II. 2. Localisation du site 7
II. 3. Définition de l'aire d'étude 7

III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DU VOISINAGE DE L'INSTALLATION 10
III. 1. Environnement humain 10
III. 2. Environnement naturel 15
III. 3. Environnement matériel 25
III. 4. Cartographie de synthèse 28

IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DE SON FONCTIONNEMENT 31
IV. 1. Caractéristiques de l'installation 31
IV. 2. Fonctionnement de l'installation 36
IV. 3. Fonctionnement des réseaux de l'installation 41

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION 44
V. 1. Potentiels de dangers liés aux produits 44
V. 2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 44
V. 3. Réduction des potentiels de dangers à la source 45

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE 46
VI. 1. Objectif de l'accidentologie 46
VI. 2. Inventaire des accidents et incidents en France 46
VI. 3. Inventaire des accidents et incidents à l'international 48
VI. 4. Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant 49
VI. 5. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 50
VI. 6. Limites d'utilisation de l'accidentologie 51

VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR) 51
VII. 1. Objectifs de l'analyse préliminaire des risques 51
VII. 2. Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques 51
VII. 3. Recensement des agressions externes potentielles 52
VII. 4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques 53
VII. 5. Effets dominos 56
VII. 6. Mise en place des mesures de sécurité 56
VII. 7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 60

VIII. ÉTUDE DETAILLEE DES RISQUES 61
VIII. 1. Rappel des définitions 61
VIII. 2. Caractérisation des scénarios retenus 63
VIII. 3. Synthèse de l'étude détaillée des risques 73

IX. CONCLUSION 79

X. RESUME NON TECHNIQUE 79

ANNEXES 80

ANNEXE 1 : GLOSSAIRE 81

ANNEXE 2 : ABRÉVIATIONS & SIGLES 83

ANNEXE 3 : MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE 84

ANNEXE 4 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE 86

ANNEXE 5 : SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES 98

ANNEXE 6 : PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL 101

ANNEXE 7 : BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES 102

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Durée moyenne d'ensoleillement sur l'année à Orléans (45). 1981-2010. 15
Figure 2 : Diagramme ombrothermique (hauteur d'eau et température) à Nemours entre 1990 et 2010 16
Figure 3 : Rose des vents à Nemours (77). 1991-2010. 17
Figure 4 : Distributions brute et ajustée à 98,5 m sur la période du 14/01/2019 au 13/01/2020 18
Figure 5 : Rose des vents et distribution énergétique sur la période du 14/01/2019 au 13/01/2020 18
Figure 6 : Carte du risque sismique en France 20
Figure 7 : Niveau kéraunique en France (nombre de jours d'orage par an) 22
Figure 8 : Schéma descriptif d'un parc éolien 31
Figure 9 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur 32
Figure 10 : Représentation schématique d'une nacelle type 33
Figure 11 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne 34
Figure 12 : Exemples de dispositifs de détection d'arc, de température et de fumée 38
Figure 13 : Panneau d'informations afin de prévenir la population 39
Figure 14 : Schéma de principe de raccordement du parc éolien au réseau public 42
Figure 15 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et début 2019 47
Figure 16 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre le deuxième semestre 2019 et 2020 47
Figure 17 : Répartition des accidents dans le monde entre 2000 et 2011 48
Figure 18 : Causes premières d'effondrement dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011 48
Figure 19 : Causes premières de rupture de pale dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011 48
Figure 20 : Causes premières d'incendie dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011 48
Figure 21 : Répartition des principales causes d'incidents dans le monde entre 2006 et 2020 48
Figure 22 : Nombre d'accidents par an à l'étranger selon la CWIF 49
Figure 23 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et du nombre d'éoliennes installées 50
Figure 24 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et de la puissance installée 50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Rubrique concernée de la nomenclature ICPE *7*
Tableau 2 : Recensement de la population sur la zone d'étude en 2016 ..... *10*
Tableau 3: Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches *10*
Tableau 4 : Occupation des sols au niveau de l'aire d'étude de dangers *14*
Tableau 5 : Températures moyennes sur la station de Nemours (77). 1981-2010. ..... *16*
Tableau 6 : Précipitations moyennes sur la station de Nemours (77). 1990-2010. ..... *16*
Tableau 7 : Vitesses relevées sur le mât de Bordeaux en Gâtinais (14/01/2019 au 13/01/2020 – 12 mois) *18*
Tableau 8 : Vitesses extrêmes relevées sur la période du 14/01/2019 au 13/01/2020 ..... *18*
Tableau 9 : Intensités de turbulence relevées sur la station de mesures du 14/01/2019 au 13/01/2020 ..... *19*
Tableau 10 : Coefficients alpha moyen sur le mât de mesure de Bordeaux en Gâtinais (14/01/2019 au 13/01/2020) *19*
Tableau 11 : Les risques naturels sur les communes de la zone d'étude *19*
Tableau 12 : Lignes électriques impactées par le projet selon RTE *26*
Tableau 13 : Nombre de personnes exposées pour chaque éolienne *28*
Tableau 14 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien du Bois de Chaumont *34*
Tableau 15 : Distances inter-éoliennes du parc du Bois de Chaumont *34*
Tableau 16 : Découpage fonctionnel du parc éolien du Bois de Chaumont *36*
Tableau 17 : Inventaire des déchets *44*
Tableau 18 : Dangers potentiels liés au fonctionnement du parc éolien *45*
Tableau 19 : Accidents survenus au 1er janvier 2020 ..... *49*
Tableau 20 : Principales agressions externes liées aux activités humaines *52*
Tableau 21 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels *52*
Tableau 22 : Tableau d'analyse générique des risques *54*
Tableau 23 : Description de la MMR n°1 ..... *57*
Tableau 24 : Description de la MMR n°2 ..... *57*
Tableau 25 : Description de la MMR n°3 ..... *57*
Tableau 26 : Description de la MMR n°4 ..... *57*
Tableau 27 : Description de la MMR n°5 ..... *58*
Tableau 28 : Description de la MMR n°6 ..... *58*
Tableau 29 : Description de la MMR n°7 ..... *58*
Tableau 30 : Description de la MMR n°8 ..... *58*
Tableau 31 : Description de la MMR n°9 ..... *59*
Tableau 32 : Description de la MMR n°10 ..... *59*
Tableau 33 : Description de la MMR n°11 ..... *59*
Tableau 34 : Description de la MMR N°12 ..... *59*
Tableau 35 : Description de la MMR N°13 ..... *59*
Tableau 36 : Description de la MMR n°14 ..... *60*
Tableau 37 : Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques et justifications *60*
Tableau 38 : Définition du degré d'exposition *61*
Tableau 39 : Seuils de gravité *62*
Tableau 40 : Classes de probabilité *62*
Tableau 41 : Intensité du scénario « Effondrement de l'éolienne » *63*
Tableau 42 : Gravité du scénario « Effondrement de l'éolienne » *63*
Tableau 43 : Valeurs de la littérature pour la probabilité d'effondrement d'une éolienne *63*
Tableau 44 : Acceptabilité du scénario « Effondrement de l'éolienne » *64*
Tableau 45 : Intensité du scénario « Chute de glace » *65*
Tableau 46 : Gravité du scénario « Chute de glace » *65*
Tableau 47 : Acceptabilité du scénario « Chute de glace » *66*
Tableau 48 : Intensité du scénario « Chute d'éléments » *67*
Tableau 49 : Gravité du scénario « Chute d'élément » *67*
Tableau 50 : Acceptabilité du scénario « Chute d'élément » *67*
Tableau 51 : Intensité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale » *69*
Tableau 52 : Gravité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale » *69*
Tableau 53 : Valeurs de la littérature pour la probabilité de rupture de tout ou partie de pale *69*
Tableau 54 : Acceptabilité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale » *70*
Tableau 55 : Intensité du scénario « Projection de glace » *71*
Tableau 56 : Gravité du scénario « Projection de glace » *71*
Tableau 57 : Acceptabilité du scénario « Projection de glace » *72*
Tableau 58 : Synthèse des scénarios étudiés *73*
Tableau 59 : Matrice de criticité *73*
Tableau 60 : Matrice de criticité du projet de parc éolien du Bois de Chaumont *73*
Tableau 61 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo1 ..... *74*
Tableau 62 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo2 ..... *75*
Tableau 63 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo3 ..... *76*
Tableau 64 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo4 ..... *77*
Tableau 65 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo5 ..... *78*

I. INTRODUCTION

I. 1. Objectifs de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par Gâtin'EOLE Ouest pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien du Bois de Chaumont (45), 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 parc projeté. 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.

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

Ainsi, cette étude doit permettre 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 ;
- Informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

I. 2. Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du **Code de l'environnement** relative aux installations classées. Selon l'article **L.181-25**, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article **L.511-1** en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'**arrêté du 29 septembre 2005** relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des 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 font l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte-tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini, en termes laconiques, par **l'article L.181-25 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.

À noter que le résumé non technique est présenté dans un document indépendant (volume 5), et est compilé avec celui de l'étude d'impact.

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.

Enfin, cette étude de dangers s'appuie également sur les textes réglementaires et techniques suivants :

- **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 ICPE,
- L'arrêté du 22 juin 2020, modifiant l'arrêté du 26 août 2011 susvisé,
- **Le guide technique** « Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », développé par France Énergie Éolienne, l'INERIS et le SER et validé par la DGPR en mai 2012.

I. 3. Nomenclature des installations classées

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées (article R.511-9 du Code de l'environnement) crée une rubrique spécifique aux éoliennes terrestres. Les critères de classement au régime de déclaration (D) ou d'autorisation (A) sont la hauteur du mât au sens de la réglementation ICPE (mât + nacelle) et la puissance totale installée. Le décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019 modifiant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement est venu préciser ces critères.

Tableau 1 : Rubrique concernée de la nomenclature ICPE

N° de la rubrique	Intitulé de la rubrique et seuils	Caractéristiques du parc	Régime	Rayon de l'enquête publique
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) 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, lorsque la puissance totale installée est : a. Supérieure ou égale à 20 MW (A) b. Inférieure à 20 MW (D)	*Aérogénérateurs dont la hauteur de mât est de 100 m maximum au sens de la réglementation ICPE*	**A**	**6 km**

Le projet de parc éolien du Bois de Chaumont est donc une ICPE soumise à autorisation (A), conformément au titre I[er] du livre V du Code de l'environnement. Il doit en conséquence présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II. 1. Renseignements administratifs

Le porteur de projet est la société (SAS) Gâtin'EOLE Ouest, filiale de la SICAP et de ses partenaires, dont les caractéristiques sont fournies ci-après.

Nom du demandeur :	**Gâtin'EOLE Ouest**
Siège social :	3, rue du Moulin de la Canne 45300 Pithiviers
Statut Juridique :	**Société par actions simplifiée (Société à associé unique)**
Création :	2020
N° SIRET :	882 414 055 00013
Code APE :	3511Z, Production d'électricité

Une présentation détaillée du demandeur est fournie au Chapitre 2 de l'étude d'impact sur l'environnement (Vol. 3).

Les auteurs de la présente étude sont précisés ci-après :

Organisme	NCA Environnement	
Coordonnées	11, allée Jean Monnet 86170 NEUVILLE-DE-POITOU	
Auteurs	Noémie CHANTEPIE *Rédaction de l'étude*	Lucille BOREL *Contrôle qualité*
Qualité / Qualifications	Chargée d'études Environnement-ICPE	Juriste environnement Responsables du secteur Energies renouvelables Environnement-ICPE
Niveau d'intervention	Bibliographie, visite du site, rédaction de l'étude	Bibliographie, visite du site, rédaction de l'étude

II. 2. Localisation du site

Le présent projet de parc éolien dénommé « **Parc éolien du Bois de Chaumont »,** composé de **5** aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande dans le département du Loiret (45), en région Centre-Val de Loire.

Une **carte de localisation générale** du site est fournie en page suivante.

II. 3. Définition de l'aire d'étude

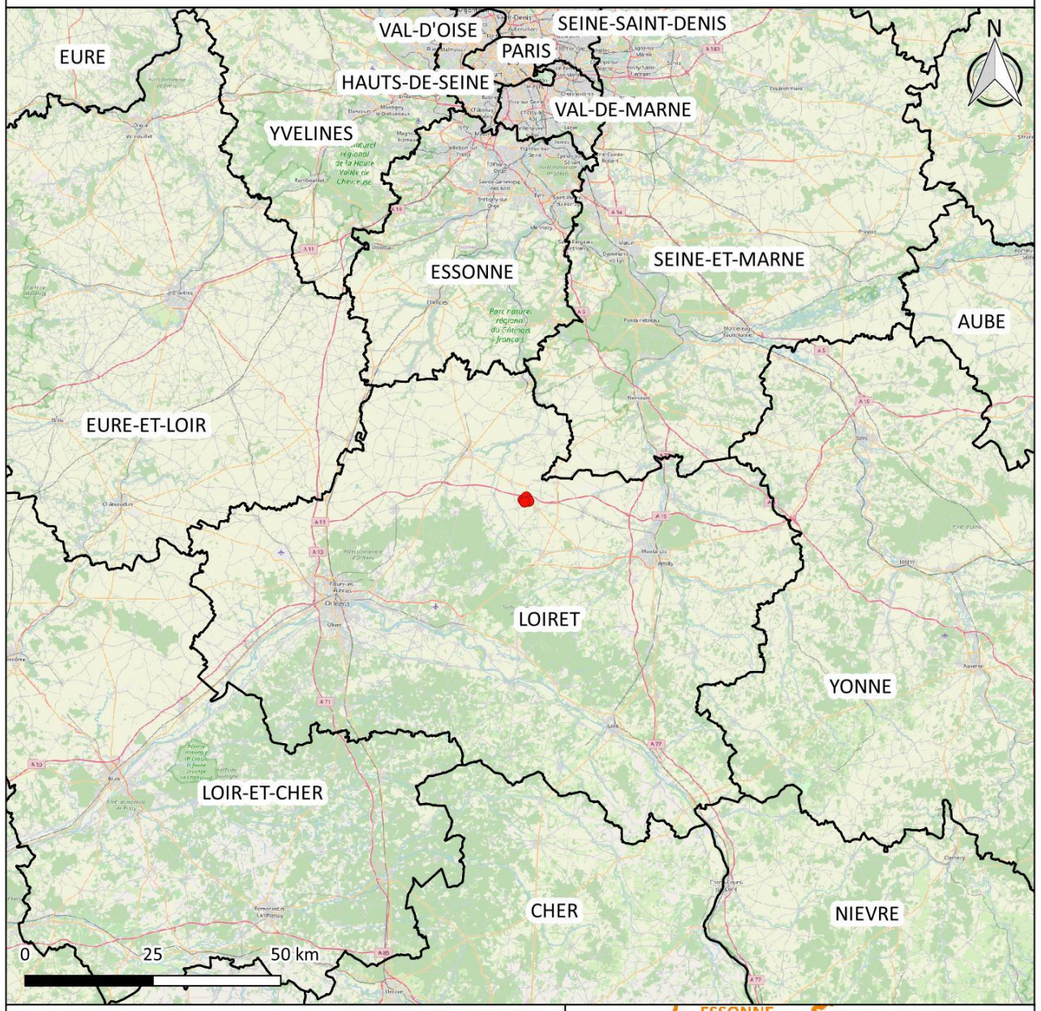
Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

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, 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.

La **carte de situation** ci-après présente l'emprise des éoliennes et du poste de livraison, la zone d'étude de 500 m autour de chaque éolienne, ainsi que les principaux éléments de l'environnement proche.

Localisation générale du site



Légende

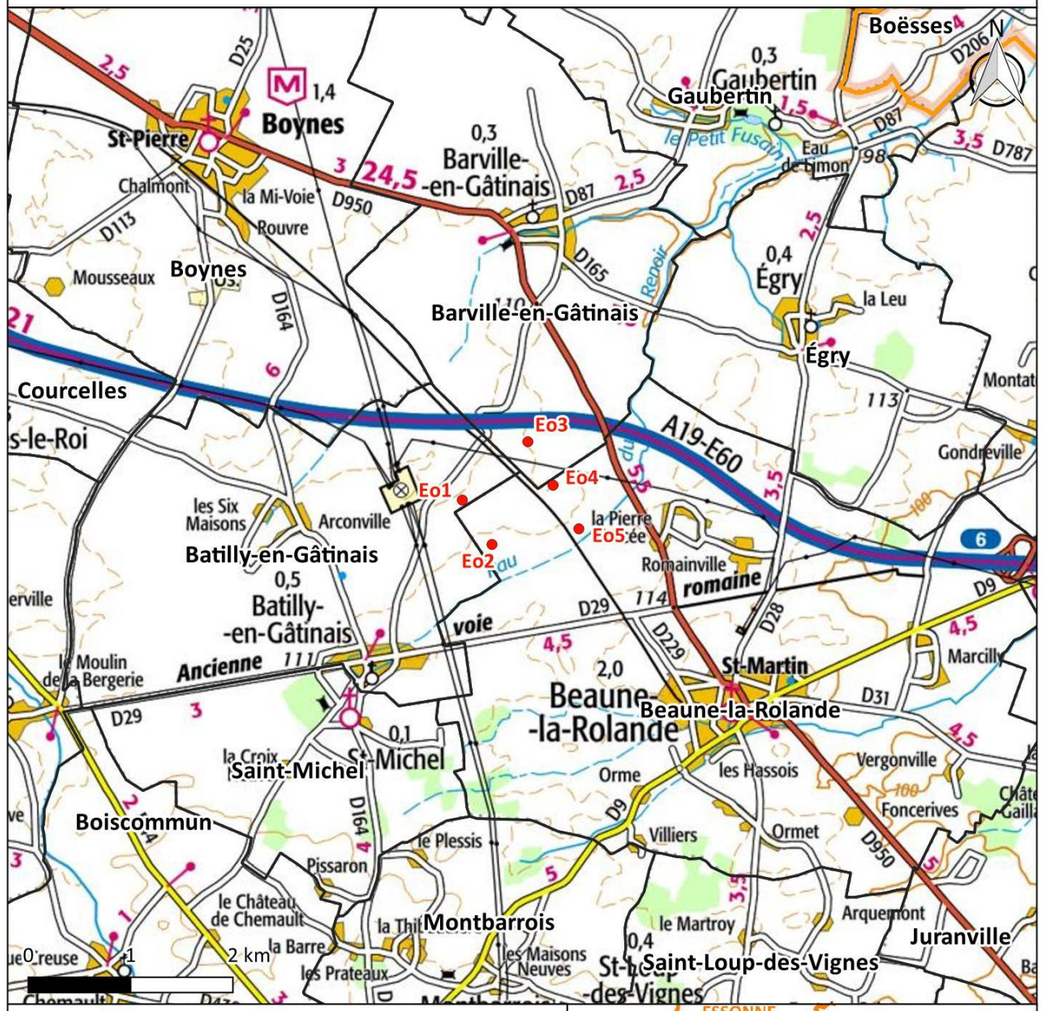
- Limite départementale
- Eoliennes

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	05/10/2020
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/1 000 000

Source : Open Street Map, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Localisation générale du site



Légende

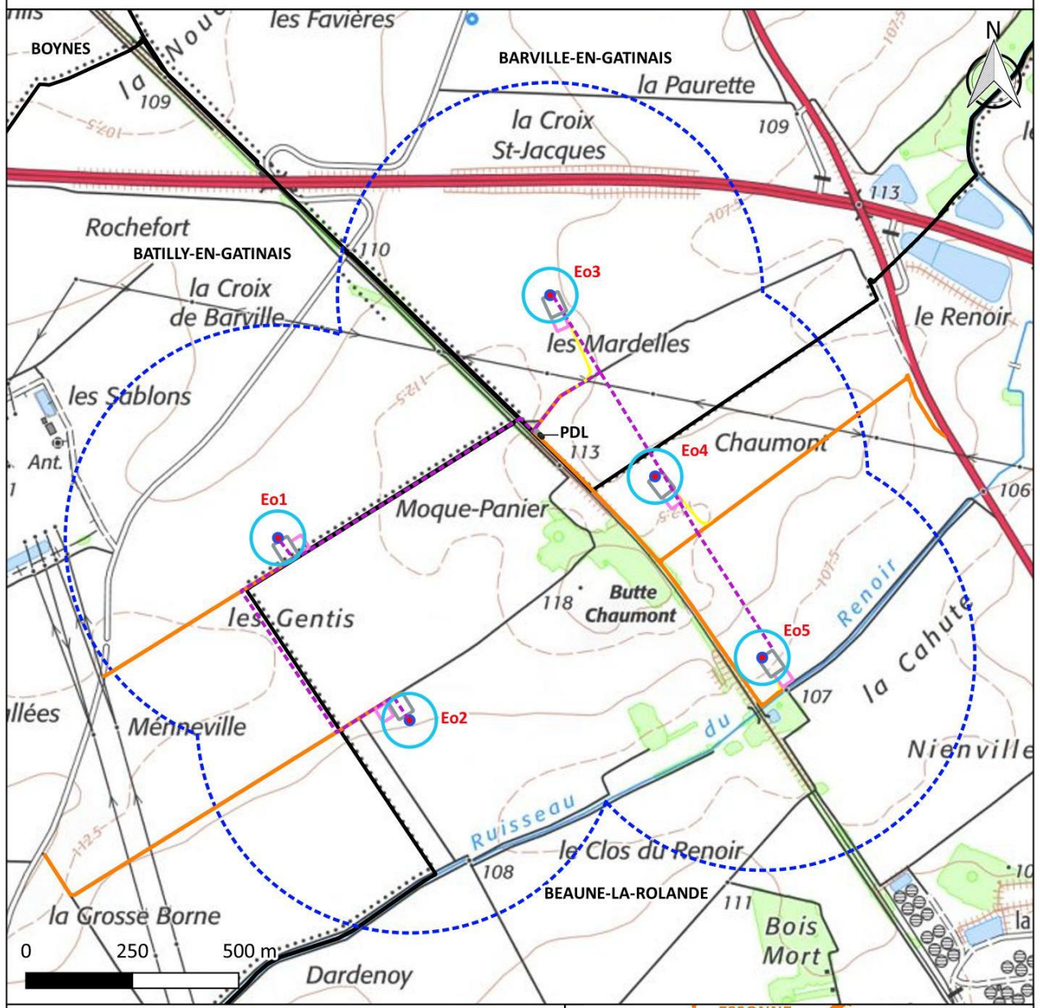
- Limite départementale
- Limite communale
- Eoliennes

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	05/10/2020
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/50 000

Source : Géoportail - IGN 2018, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Carte de situation - Aire d'étude



Légende

- Limite communale

Eoliennes

- Eoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol

Aménagements

- Fondation
- Poste de livraison
- Plateforme permanente
- Plateforme temporaire
- Raccordement électrique interne

Pistes

- Chemins à créer
- Chemins à renforcer

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/12 000

Source : Géoportail - IGN 2018, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Carte de situation - Aire d'étude

Légende

- Limite communale

Eoliennes

- Eoliennes
- Aire d'étude - 500 m
- Zone de survol

Aménagements

- Fondation
- Poste de livraison
- Plateforme permanente
- Plateforme temporaire
- Raccordement électrique interne

Pistes

- Chemins à créer
- Chemins à renforcer

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/12 000

Source : ESRI Satellite, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DU VOISINAGE DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement humain, naturel et matériel 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).

Le lecteur pourra aussi se rapporter au Chapitre 3 de l'étude d'impact sur l'environnement du projet (Vol. 3 du DDAE).

III. 1. Environnement humain

III. 1. 1. Zones urbanisées et urbanisables

L'aire d'étude de dangers se trouve sur les communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande, dans le Loiret (45).

Population

La commune de Barville-en-Gâtinais s'étend sur un territoire de 10,3 km² et compte 329 habitants, selon le recensement de l'INSEE de 2016. L'habitat est principalement condensé dans le centre-bourg de Barville-en-Gâtinais. La densité de population est de 32 habitants/km².

La commune de Batilly-en-Gâtinais s'étend également sur un territoire de 10,3 km² et compte 454 habitants, selon le recensement de l'INSEE de 2016. L'habitat est principalement réparti entre le bourg aéré et le hameau d'*Arconville*. Sa densité de population est de 44 habitants/km².

La commune de Beaune-la-Rolande est plus imposante, avec un territoire de 20,6 km² et 2 007 habitants en 2016. L'habitat est assez bien réparti sur l'ensemble du territoire communal notamment entre le bourg aéré et les nombreux petits bourgs (*Le Bois de la Leu, Romainville, La Pierre Percée, Orme, Foncerives, Vergonville, Marcilly, etc.*). Sa densité de population est de 97,7 habitants/km².

Tableau 2 : Recensement de la population sur la zone d'étude en 2016

(Source : INSEE)

	Barville-en-Gâtinais	Batilly-en-Gâtinais	Beaune-la-Rolande
Population	329	454	2007
Superficie (km²)	10,3	10,3	20,6
Densité moyenne (hab/km²)	32	44	97,7

Habitations les plus proches

L'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, 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 n°2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, prévoit que : « *l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale 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* ».

Aussi, conformément à cet article, les éoliennes du présent projet ont été implantées à une distance minimale de 500 m de toute construction à usage d'habitation et de tout immeuble habité.

Les distances entre les éoliennes et les habitations les plus proches identifiées à proximité sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Tableau 3: Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches

Éolienne concernée	Lieu-dit	Commune	Distance entre le mât de l'éolienne et l'habitation
Eo1	Ménneville	Batilly-en-Gâtinais	1 139 m
Eo1	Arconville	Batilly-en-Gâtinais	1 525 m
Eo2	Le Bois de la Leu	Beaune-la-Rolande	955 m
Eo2	Ménneville	Batilly-en-Gâtinais	1 192 m
Eo2	Le Clouzeau	Batilly-en-Gâtinais	1 253 m
Eo3	Savigny	Barville-en-Gâtinais	1 719 m
Eo4	La Pierre Percée	Beaune-la-Rolande	1 088 m
Eo5	**La Pierre Percée**	**Beaune-la-Rolande**	**778 m**
Eo5	Nienville	Beaune-la-Rolande	1 057 m
Eo5	Le Bois de la Leu	Beaune-la-Rolande	1 201 m

Ces distances sont toutes supérieures à la distance réglementaire de 500 m. La distance la plus faible entre une habitation et une éolienne est de 778 m (*La Pierre Percée* et l'éolienne Eo5).

Zones urbanisables les plus proches

L'aire d'étude de dangers se trouve sur les communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande. Sur ces trois communes, l'urbanisme est régi par le Règlement National d'Urbanisme (RNU). Elles sont toutes les trois en attente de l'adoption d'un PLUi à l'échelle de leur Communauté de communes (Pithiverais Gâtinais), dont le projet a été arrêté le 12 février 2020 une première fois puis le 28 septembre 2021 pour le secteur BEAUNOIS.

La Communauté de communes informe que l'enquête publique se déroulera courant le premier trimestre 2022, pour une approbation prévue du PLUi en juin 2022. Les dispositions peuvent donc évoluer.

Règlement national d'urbanisme

Une des principales dispositions du RNU est la règle dite de la constructibilité limitée, prescrite par **l'article L.111-3 du Code de l'urbanisme** :

> *« En l'absence de plan local d'urbanisme, de tout document d'urbanisme en tenant lieu ou de carte communale, les constructions ne peuvent être autorisées que dans les parties urbanisées de la commune ».*

L'article L.111-4 dudit Code vient préciser les exceptions à cette règle :

> *Peuvent toutefois être autorisés en dehors des parties urbanisées de la commune :*
> *1° L'adaptation, le changement de destination, la réfection, l'extension des constructions existantes ou la construction de bâtiments nouveaux à usage d'habitation à l'intérieur du périmètre regroupant les bâtiments d'une ancienne exploitation agricole, dans le respect des traditions architecturales locales ;*
> ***2° Les constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricole, à des équipements collectifs*** *dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées, à la réalisation d'aires d'accueil ou de terrains de passage des gens du voyage, à la mise en valeur des ressources naturelles et à la réalisation d'opérations d'intérêt national ;*
> *2° bis Les constructions et installations nécessaires à la transformation, au conditionnement et à la commercialisation des produits agricoles, lorsque ces activités constituent le prolongement de l'acte de production et dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées. Ces constructions et installations ne peuvent pas être autorisées dans les zones naturelles, ni porter atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages. L'autorisation d'urbanisme est soumise pour avis à la commission départementale de la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers ;*

3° Les constructions et installations incompatibles avec le voisinage des zones habitées et l'extension mesurée des constructions et installations existantes ;
4° Les constructions ou installations, sur délibération motivée du conseil municipal, si celui-ci considère que l'intérêt de la commune, en particulier pour éviter une diminution de la population communale, le justifie, dès lors qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages, à la salubrité et à la sécurité publiques, qu'elles n'entraînent pas un surcroît important de dépenses publiques et que le projet n'est pas contraire aux objectifs visés à l'article L. 101-2 et aux dispositions des chapitres I et II du titre II du livre Ier ou aux directives territoriales d'aménagement précisant leurs modalités d'application.

Un parc éolien entre dans le cadre décrit à l'alinéa 2 de l'article L.111-4 susvisé, **puisque les éoliennes peuvent être considérées comme des équipements collectifs d'intérêt public**. Trois arrêts rendus par le Conseil d'État le 13 juillet 2012 (n°343306, n°345970 et n°349747) soulignent en effet qu'elles contribuent à la satisfaction d'un besoin collectif par la production d'électricité vendue au public, et en ce sens, peuvent donc être qualifiées de la sorte.

De plus, elles sont **compatibles avec l'exercice d'une activité agricole**. Elles ne constituent pas d'obstacles pour l'utilisation des machines et outils agricoles et ne consomment pas beaucoup d'espace une fois en fonctionnement. Elles permettent ainsi que les activités existantes ou potentielles se poursuivent normalement ou se mettent en place.

Le Règlement National d'Urbanisme qui couvre les communes d'implantation autorise la mise en place du projet de parc éolien du Bois de Chaumont dans l'aire d'étude de dangers. Un PLUi sera mis en place sur les communes de l'aire d'étude de dangers par la communauté de communes du Pithiverais Gâtinais secteur BEAUNOIS. La compatibilité avec ce document d'urbanisme devra être vérifiée.

Bureau

Conformément à **l'article 5 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, sur les effets liés aux ombres des éoliennes, la réglementation au titre de l'ICPE impose une étude pour tout bureau situé à moins de 250 m d'une éolienne.

Le plus proche, une salle de réunion très probable dans l'usine SEVOSO SSH Varo Energy ex-ARGOS, se trouve à près de 600 m au sud-est de l'éolienne Eo5.

Aucun bureau n'est identifié dans un tel rayon autour des aérogénérateurs.

III. 1. 2. Établissements recevant du public (ERP)

Le terme établissement recevant du public (ERP) est défini à l'article R123-2 du Code de la construction et de l'habitation, et désigne les lieux publics ou privés accueillant des clients ou des utilisateurs autres que les employés qui sont, eux, protégés par les règles relatives à la santé et sécurité au travail. Cela regroupe un très grand nombre d'établissements : cinémas, théâtres, magasins, bibliothèques, écoles, universités, hôtels, restaurants, hôpitaux, gares, salle des fêtes, maison de retraite, *etc*.

Aucun établissement recevant du public n'est recensé à proximité immédiate de l'aire d'étude, toutefois, un certain nombre d'ERP est recensé au sein des centres-bourgs de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande tels que divers commerces (magasins de jouets, grandes enseignes, instituts de bien-être, restaurants, *etc.*).
De plus, une bibliothèque, une piscine, des infrastructures sportives, une école, un collège et un lycée professionnel sont présents à Beaune-la-Rolande, un cabaret à Barville-en-Gâtinais et une école primaire à Batilly-en-Gâtinais.

L'ERP le plus proche des aménagements du projet de parc éolien du Bois de Chaumont est la maison d'hôte « Un Figuier dans notre jardin ». Elle se trouve à 954 m à l'est de l'éolienne Eo5 sur la commune de Beaune-la-Rolande au lieu-dit *La Pierre Percée*.

Aucun ERP n'est recensé dans l'aire d'étude de dangers.

III. 1. 3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base (INB)

L'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 prévoit que : *« l'installation est implantée à une distance minimale de 300 mètres 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. Les distance d'éloignement sont mesurées à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur de l'installation. »*

ICPE

D'après la base de données des ICPE (*https://www.georisques.gouv.fr*) consultée en octobre 2020, le département du Loiret compte 10 établissements classés SEVESO seuil haut et 19 établissements classés SEVESO seuil bas sur l'ensemble de son territoire. L'établissement SEVESO seuil haut le plus proche se trouve sur le territoire communal de Beaune-la-Rolande. Il s'agit d'une société spécialisée dans le dépôt d'hydrocarbure (VARO ENERGY, ex ARGOS). Cet établissement est localisé à 600 m au sud-est de l'éolienne Eo5 hors de l'aire d'étude de dangers. Les périmètres d'interdiction et de recommandation sont au sein de l'aire d'étude de dangers, respectivement à 161 m et 113 m de l'éolienne Eo5.

Aucune ICPE ne se trouve au sein de l'aire d'étude de dangers. La plus proche se situe à 593 m au nord-ouest de l'éolienne Eo3. Il s'agit du parc éolien CPENR de Barville-en-Gâtinais et Egry situé sur les communes de Barville-en-Gâtinais et Egry. Ce parc éolien se compose de 8 éoliennes.

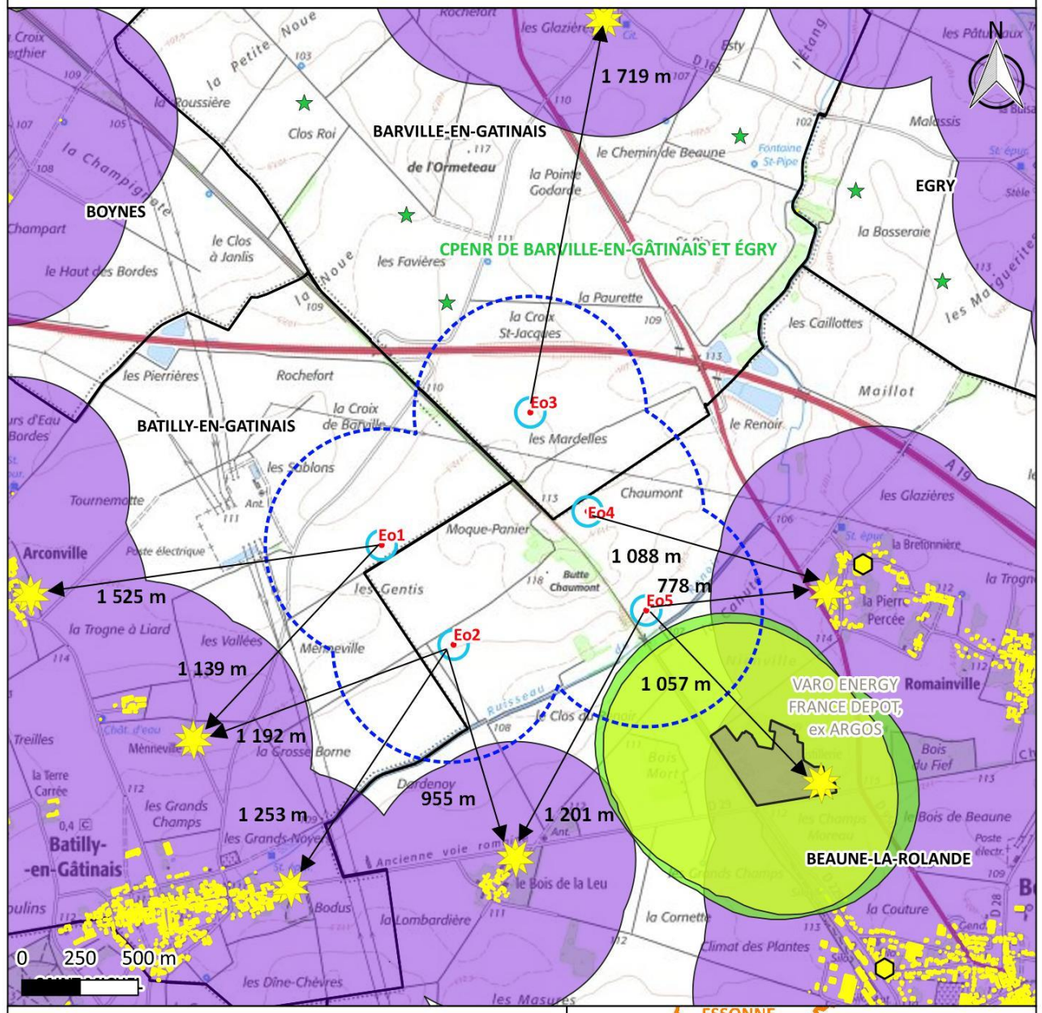
L'aire d'étude de dangers n'est concernée par aucune installation classée pour la protection de l'environnement mais elle se situe dans les périmètres d'interdiction et de recommandation de l'établissement SSH VARO ENERGY, ex ARGOS.

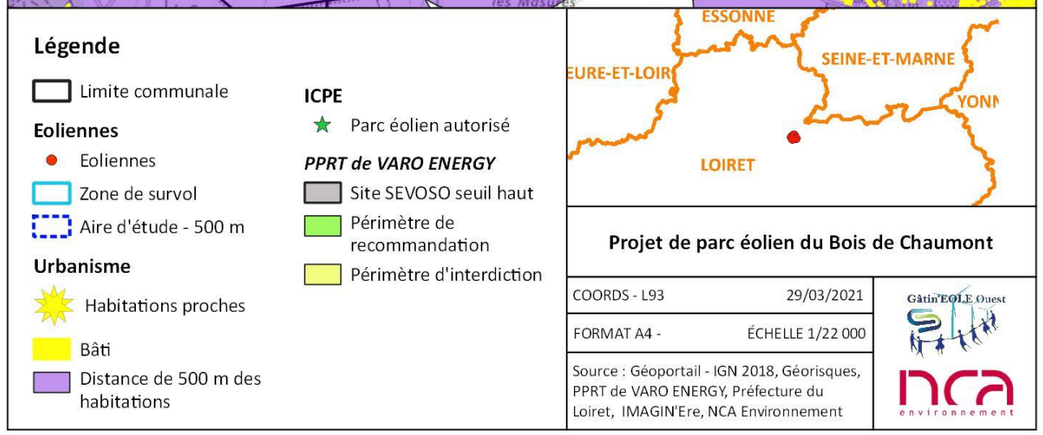
INB

Il n'existe aucune INB au niveau de l'aire d'étude de dangers. La plus proche est implantée à Dampierre-en-Burly (Loiret – 45) à environ 35 km au sud.

L'aire d'étude n'est concernée par aucune installation nucléaire de base.

Environnement humain à proximité de l'aire d'étude de dangers





III. 1. 4. Patrimoine culturel

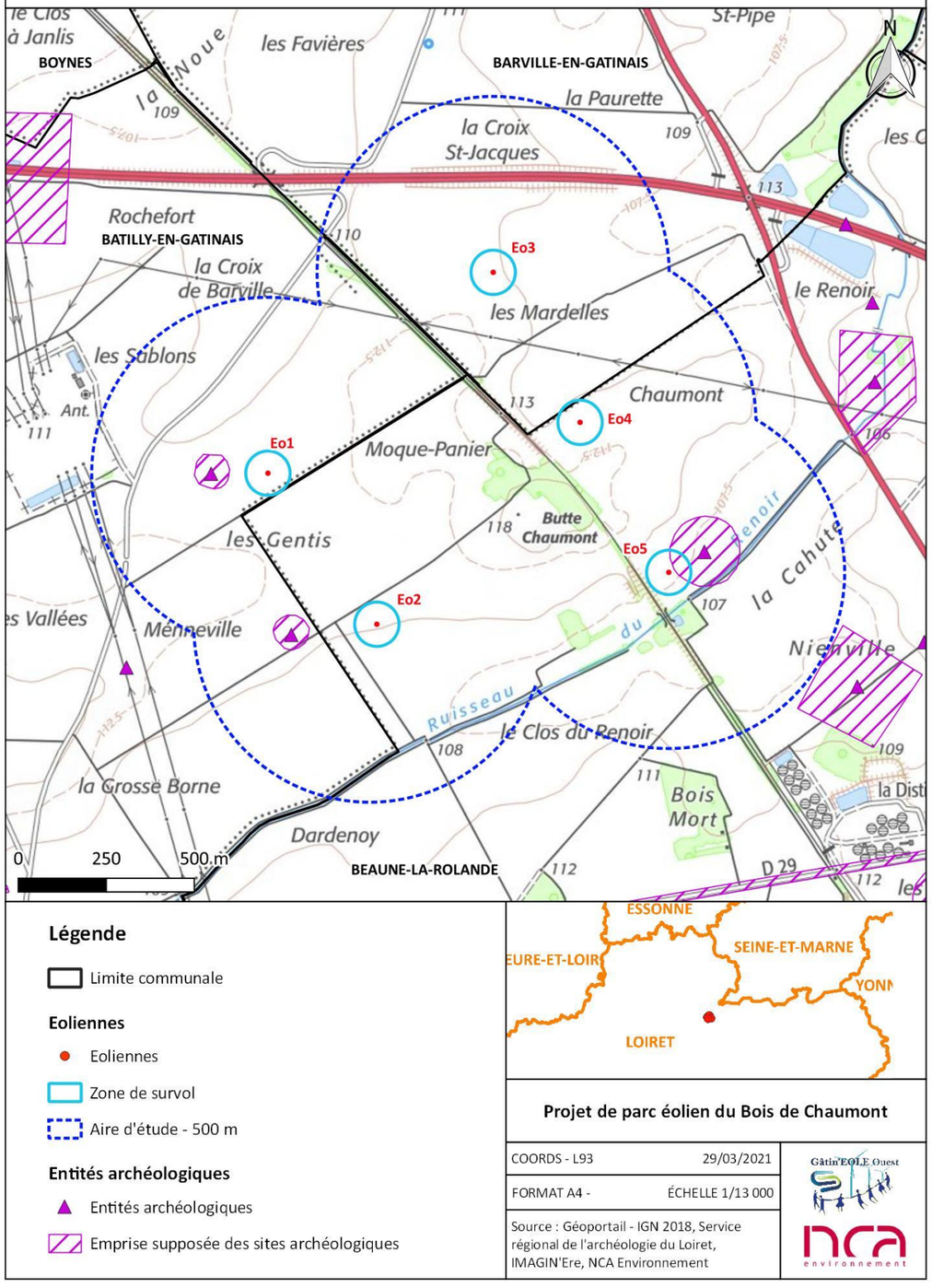
Par mail en date du 27 mars 2020, la **Service régional de l'archéologie** du Loiret informe le maître d'ouvrage que la zone d'implantation potentielle du projet éolien du Bois de Chaumont est située dans un secteur sensible sur le plan archéologique. 3 sites archéologique se trouvent dans l'aire de dangers :

- 1 entité archéologique à 161 m à l'ouest de l'éolienne Eo1 et son emprise supposée à 110 m de Eo1 ;
- 1 entité archéologique à 245 m à l'ouest de l'éolienne Eo2 et son emprise supposée à 191 m de Eo2 ;
- 1 entité archéologique à 117 m au nord-est de l'éolienne Eo5 et son emprise supposée à 17 m de Eo5.

De plus, conformément aux dispositions des articles L.531-14 à L.153-16 du Code du patrimoine, l'exploitant déclarera sans délai au Service régionale de l'archéologie tout vestige archéologique qui pourrait être découvert à l'occasion des travaux.

Plusieurs entités archéologiques sont recensées au sein de la ZIP et à proximité immédiate, comme le montre la carte en page suivante.

Patrimoine archéologique au niveau de l'aire d'étude de dangers



5

III. 1. 5. Autres activités

Activités commerciales et industrielles

La société spécialisée dans le dépôt d'hydrocarbure SEVOSO SSH Varo Energy ex-ARGOS peut être considérée comme une activité industrielle. Ce site se situe en dehors de l'aire d'étude de dangers mais les périmètres d'interdiction et de recommandation se trouvent respectivement à 110 m et 160 m de l'éolienne Eo5.

Au sein de l'aire d'étude de dangers est localisé un poste source électrique appartenant à la SICAP. La SICAP informe qu'aucune personne n'est présente en permanence sur ce site puisqu'il s'agit d'un site télésurveillé. Elle ajoute qu'en cas d'intervention (que ce soit par l'exploitant SICAP, ENEDIS ou RTE), 1 à 10 techniciens peuvent être présents.

Activités agricoles

Comme le montre la carte en page suivante, le contexte d'implantation du parc est exclusivement agricole et se compose de terres arables. L'orientation technico-économique des communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande est tournée vers les céréales et oléoprotéagineux.

Tableau 4 : Occupation des sols au niveau de l'aire d'étude de dangers

(Source : CORINE Land Cover 2018)

Périmètre	Surface totale (ha)	Territoires artificialisés	Territoires agricoles	Forêts et milieux semi-naturels	Surfaces en eau
Aire d'étude	286,4	0%	100%	0%	0%

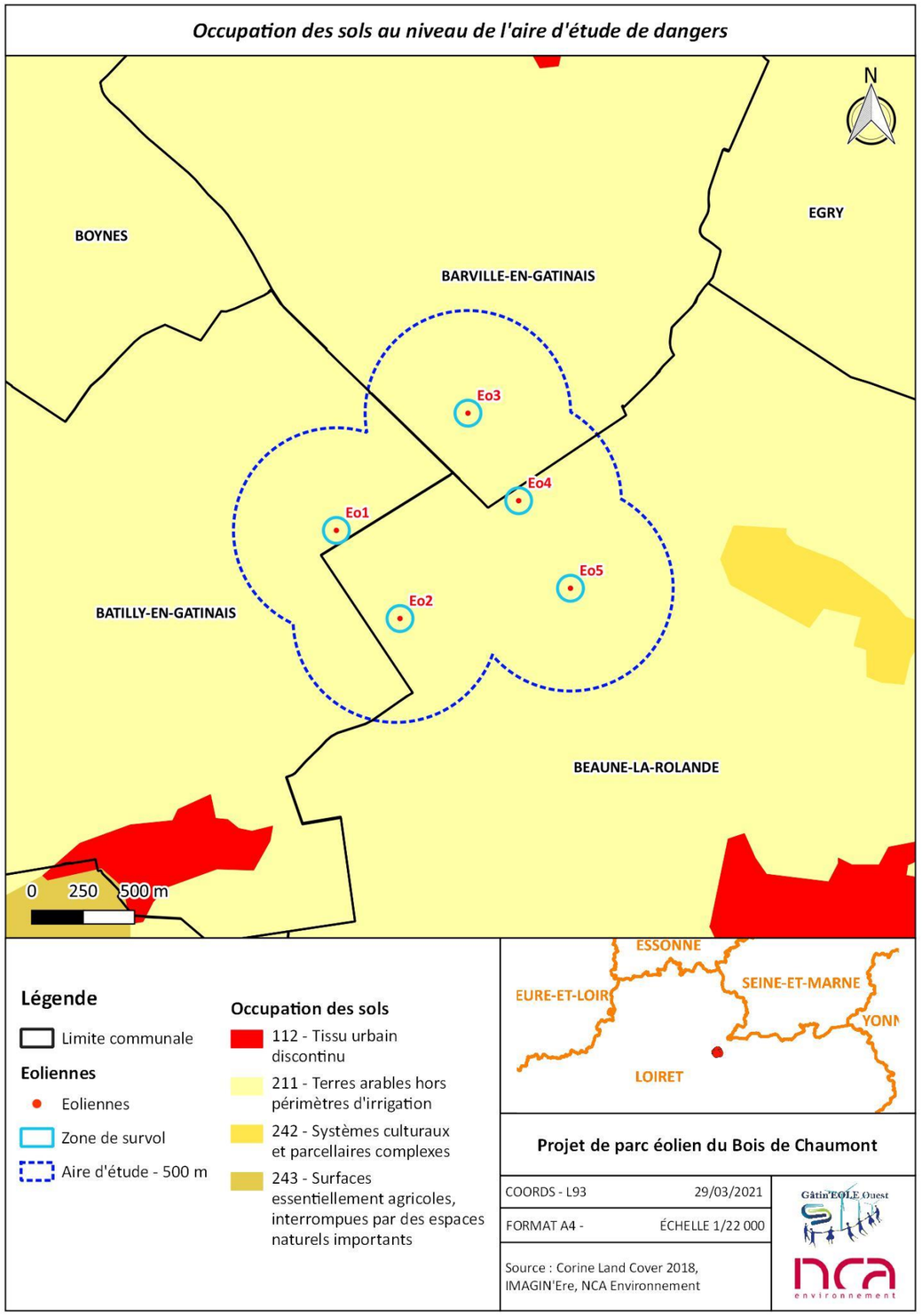
Les données du Registre Parcellaire Graphique (RPG) français permettent d'obtenir des informations supplémentaires sur les cultures agricoles à l'échelle de l'aire d'étude de dangers. Ainsi, en 2017, les cultures principales étaient très diversifiées sur l'aire d'étude de dangers et constituées notamment de céréales (orges, blés, avoine), oléagineux (tournesol, colza), protéagineux (pois), fourrages (betterave) comme le montre la carte présentée dans les pages suivantes.

Activités de loisir

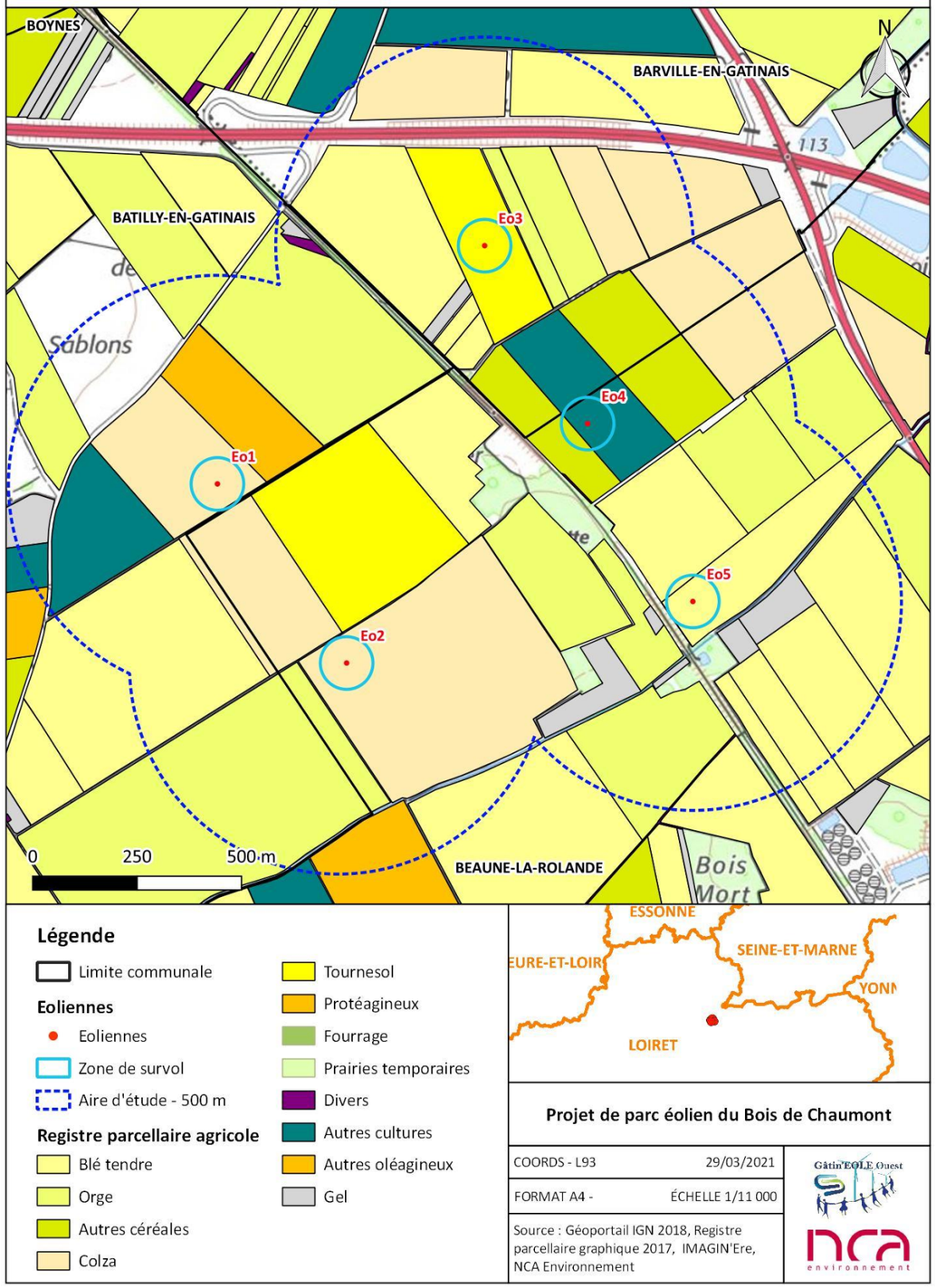
Aucun circuit de randonnée ne traverse l'aire d'étude de dangers.
Aucun hébergement touristique n'est présent au sein de l'aire d'étude de dangers.

L'aire d'étude de dangers n'intègre aucun circuit de randonnée.

Les cartes en pages suivantes illustrent l'occupation des sols, les cultures agricoles et les sentiers de randonnée au niveau de l'aire d'étude de dangers.



Cultures agricoles au niveau de l'aire d'étude de dangers



III. 2. Environnement naturel

III. 2. 1. Contexte climatique

Le climat dominant du Loiret est tempéré de type océanique dégradé. Il se caractérise par des hivers doux et pluvieux et des états frais et relativement humide.

La température moyenne est de 10 à 11°C sur l'année. Les précipitations se répartissent équitablement toute l'année, avec une légère pointe au mois de mai. Le pic d'insolation est observé au mois de juillet.

L'influence océanique est prépondérante dans le climat du Loiret, cependant, par rapport à la façade atlantique, située à un peu plus de 400 km, les hivers y sont légèrement plus froids, les étés un peu plus chauds, les précipitations un peu moins abondantes et les vents plus faibles.

III. 2. 2. Données climatiques de l'aire d'étude immédiate

Les données climatiques relatives à la zone d'étude se trouvent sur la station Météo France de Nemours (77), à environ 27 km au nord-est de la ZIP pour la période 1981-2010. Il n'y a pas données concernant l'ensoleillement sur la station Météo France de Nemours. Ce paramètre peut être étudié sur la station d'Orléans (45) qui se localise à 40 km au sud-ouest de la ZIP.

III. 2. 2. 1. Ensoleillement

Les données climatiques relatives à l'ensoleillement des aires d'étude sont fournies par la station Météo France d'Orléans (45), située à environ 40 km au sud-ouest de l'AEI, pour la période 1981-2010 :

- La durée moyenne d'ensoleillement est de 1 767,3 h par an, soit 4,8 h en moyenne par jour ;
- Le nombre moyen de jours avec un bon ensoleillement est de 60,2 jours par an.

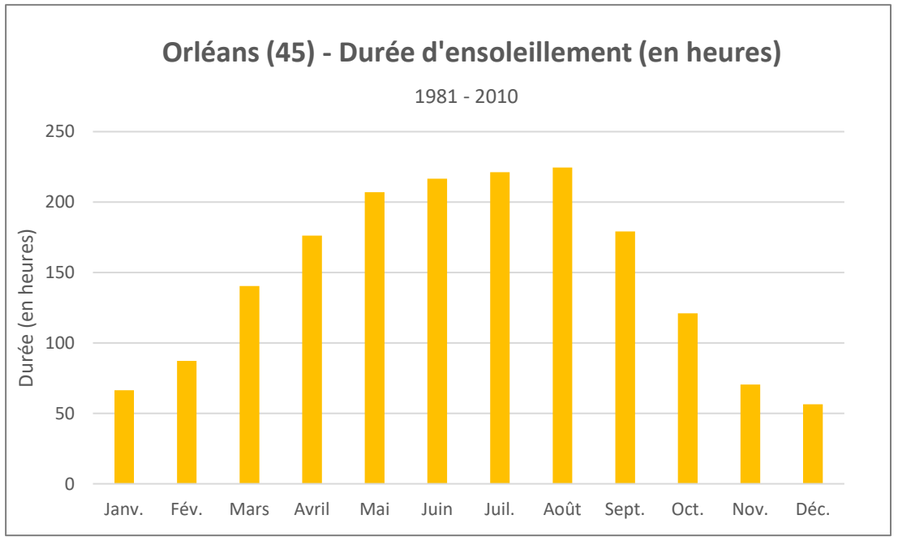


Figure 1 : Durée moyenne d'ensoleillement sur l'année à Orléans (45). 1981-2010.
(Source : d'après Météo France)

La zone d'étude est donc relativement bien ensoleillée, notamment en hiver, avec plus de 56 h d'ensoleillement en moyenne au mois de décembre.

III. 2. 2. 2. Températures

Les données climatiques relatives à la zone d'étude se trouvent sur la station Météo France de Nemours (77), à environ 27 km au nord-est de la ZIP pour la période 1981-2010.

Tableau 5 : Températures moyennes sur la station de Nemours (77). 1981-2010.
(Source : Météo France)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	**ANNEE**
Températures moyennes (°C)													
Maxi	7,1	8,6	12,8	16,1	20,3	23,7	26,3	26,2	21,7	16,6	10,6	7	16,5
Mini	1,4	1,4	3,3	5,3	9	11,9	14	13,7	10,4	7,8	4,3	1,8	7,1
Moyenne	4,3	5	8,1	10,7	14,7	17,8	20,1	19,9	16	12,2	7,5	4,4	11,8
Nombre moyen de jours avec													
$T_{max} \leq 0°C$	11,9	12	7,8	2,7	0,1					1,8	6	12,2	54,3
$T_{min} \leq 0°C$	2,1	0,7									0,2	1,7	4,7

La température moyenne annuelle est de 11,8°C.

Globalement, les températures sont douces : en été, la température ne dépasse pas 27°C ; l'hiver est lui aussi modéré avec des températures maximales descendant rarement en dessous de 0°C. Le nombre de jours de gel est de plus de 54 jours par an.

L'amplitude thermique, correspondant à la différence entre la moyenne du mois le plus chaud (juillet : 26,3°C) et celle du mois le plus froid (janvier : 1,4°C), s'élève à 24,9°C.

III. 2. 2. 3. Précipitations

L'étude des précipitations a également été réalisée à partir des données Météo France de la station météorologique de Nemours (77), entre 1990 et 2010 (statistiques inter-annuelles).

Tableau 6 : Précipitations moyennes sur la station de Nemours (77). 1990-2010.
(Source : Météo France)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	**AN**
Précipitations moyenne (mm)	53,2	51,0	48,1	56,8	59,1	54,0	56,5	55,1	58,3	64,8	66,0	64,2	**687,1**

La zone d'étude présente une pluviométrie moyenne, avec un cumul annuel moyen de 687,1 mm. La moyenne des précipitations oscille au cours de l'année autour de 57 mm par mois.

La plus forte amplitude s'observe entre le mois de novembre (66 mm) et le mois mars (48,1 mm).

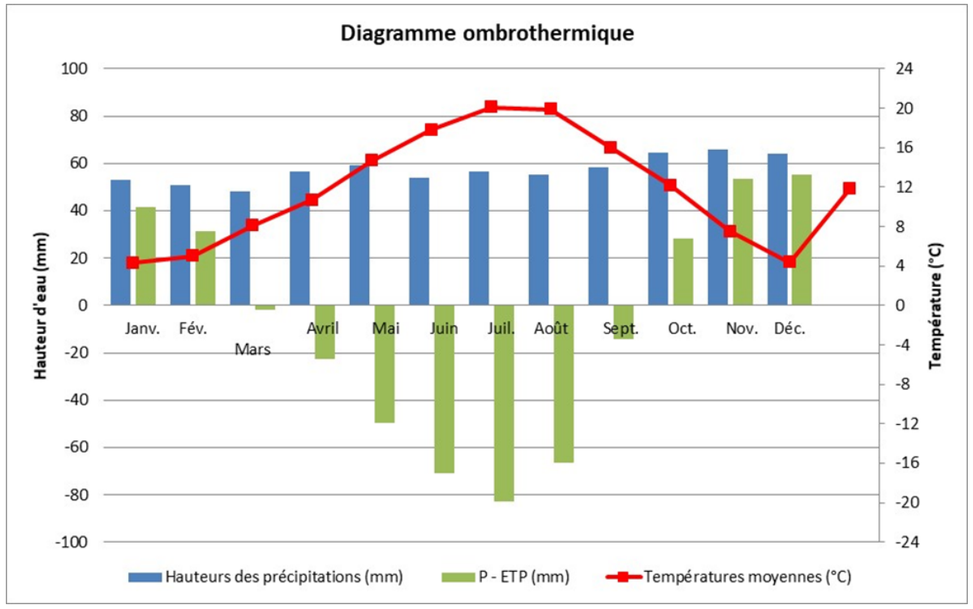


Figure 2 : Diagramme ombrothermique (hauteur d'eau et température) à Nemours entre 1990 et 2010
(Source : d'après Météo France)

III. 2. 2. 4. Vent

Rose des vents

La rose des vents de la station Météo France de Nemours à près de 27 km de la zone d'étude, détermine les secteurs de vents dominants relevés entre janvier 1991 et décembre 2010. Il s'agit de la station la plus proche dotée d'une rose des vents.

A 73 m d'altitude, les vents dominants proviennent principalement du sud-ouest et du nord-est. Les vents les plus fréquents (55,2% des vents mesurés) présentent de faibles vitesses comprises entre 1,5 et 4,5 m/s. Les vents les plus forts ont une fréquence de 0,8% et proviennent du sud-ouest.

NORMALES DE ROSE DE VENT

Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

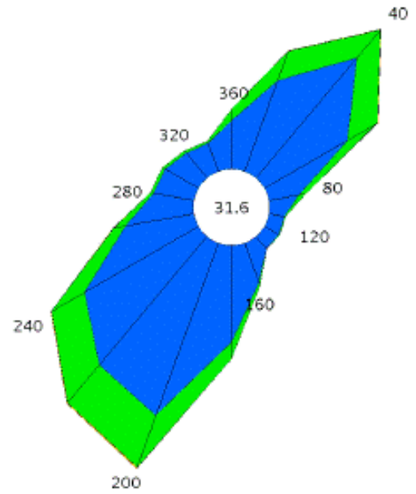
Période 1991–2010

Référence du client :127944

NEMOURS (77)

Indicatif : 77333003, alt : 73 m., lat : 48°16'12"N, lon : 02°42'54"E

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %



Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

Tableau de répartition
Nombre de cas étudiés : 58440
Manquants : 147

Dir.	[1.5;4.5 [	[4.5;8.0]	> 8.0 m/s	Total
20	4.1	1.3	+	5.4
40	6.6	1.5	+	8.2
60	4.0	1.5	+	5.5
80	1.3	0.3	0.0	1.6
100	0.7	+	0.0	0.7
120	0.7	+	0.0	0.7
140	0.7	+	0.0	0.7
160	1.8	0.1	0.0	1.9
180	4.1	0.7	+	4.8
200	7.7	2.3	+	10.1
220	7.1	2.1	+	9.2
240	5.5	1.6	+	7.2
260	2.9	0.5	+	3.5
280	1.7	0.1	0.0	1.9
300	1.6	0.1	0.0	1.8
320	1.4	0.1	0.0	1.5
340	1.3	+	0.0	1.4
360	2.1	0.5	0.0	2.5
Total	55.2	12.9	0.3	68.4
[0;1.5 [				31.6

Groupes de vitesses (m/s)
[1.5;4.5 [[4.5;8.0] > à 8.0

Pourcentage par direction
0% 5% 10%

Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord
le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Page 1/1

Edité le : 18/07/2013 dans l'état de la base

Figure 3 : Rose des vents à Nemours (77). 1991-2010.
(Source : Météo France)

Étude anémométrique sur site

L'étude anémométrique de l'étude d'impact a été réalisée par EOLTECH. Le rapport complet, dont les conclusions sont reprises ci-après, est fourni dans le Volume 6 du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale.

La période de mesures prise en compte est : 14/01/2019 au 23/01/2020 (12 mois).

Vitesse

Le tableau ci-après présente les vitesses moyennes ainsi que les paramètres de Weibull correspondant aux distributions ajustées relevées sur le mât de mesure sur le site de Bordeaux en Gâtinais.

Tableau 7 : Vitesses relevées sur le mât de Bordeaux en Gâtinais (14/01/2019 au 13/01/2020 – 12 mois)

(Source : Eoltech)

Capteurs	Hauteurs	Taux de recouvrement	Vmoy (m/s)	A (m/s)	k
Anémomètre 1	98,5 m	99,4 %	6,74	7,61	2,33
Anémomètre 2	98,5 m	99,4 %	6,74	7,60	2,33
Anémomètre 3	80 m	99,4 %	6,42	7,25	2,31
Anémomètre 4	60 m	99,4 %	5,98	6,76	2,25
Anémomètre 5	40 m	99,4 %	5,45	6,15	2,11

L'anémomètre 1 à 98,5 m de haut sera considéré comme l'anémomètre principal pour établir l'atlas éolien du site.

Le graphique ci-dessous présente les distributions brute et ajustée par classe de vitesses mesurées à 98,5 m de hauteur sur la station de mesures.

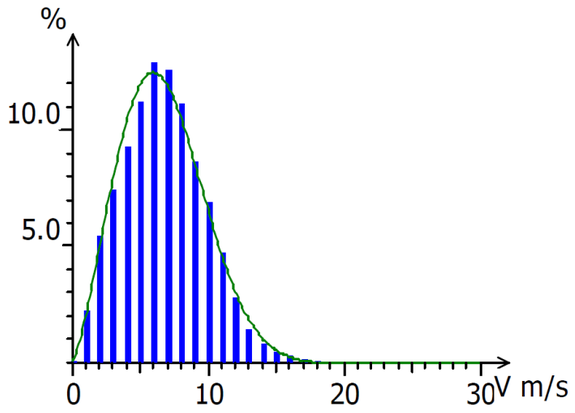


Figure 4 : Distributions brute et ajustée à 98,5 m sur la période du 14/01/2019 au 13/01/2020

(Source : Eoltech)

Rose des vents

Le graphique ci-après présente la rose des vents et la répartition énergétique par secteur relevé par l'anémomètre 1 à 98,5 m de hauteur et la girouette 1 située à 95 m de hauteur.

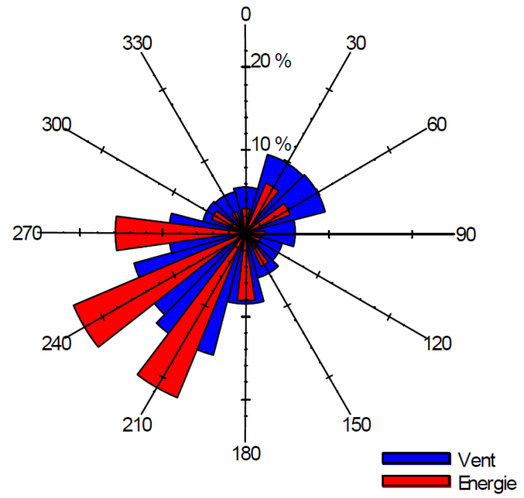


Figure 5 : Rose des vents et distribution énergétique sur la période du 14/01/2019 au 13/01/2020

(Source : Eoltech)

Vitesses maximales observées

Le tableau ci-dessous présente les vitesses extrêmes relevées sur la période de mesures (moyenne 10 min et rafale).

Tableau 8 : Vitesses extrêmes relevées sur la période du 14/01/2019 au 13/01/2020

(Source : Eoltech)

Vitesse	Hauteur	Date	Vitesse maxi (m/s)
Moyenne 10 min			
Anémomètre 1	98,5 m	10/03/2019 10:40	21,85
Anémomètre 2	98,5 m	10/03/2019 10:40	22,03
Anémomètre 3	80 m	10/03/2019 10:40	21,49
Anémomètre 4	60 m	10/03/2019 10:40	20,98
Anémomètre 5	40 m	10/03/2019 10:40	20,27
Rafale			
Anémomètre 1	98,5 m	10/02/2019 14:50	30,53
Anémomètre 2	98,5 m	10/02/2019 14:50	30,48
Anémomètre 3	80 m	10/02/2019 14:50	29,02
Anémomètre 4	60 m	04/03/2019 07:50	27,60
Anémomètre 5	40 m	10/02/2019 14:50	27,72

Intensité de turbulence

Le tableau en page suivante présente pour chaque hauteur les intensités de turbulence relevées sur le site pendant la période de mesures.

Tableau 9 : Intensités de turbulence relevées sur la station de mesures du 14/01/2019 au 13/01/2020

(Source : Eoltech)

Capteurs	Hauteurs	Intensités de turbulence moyenne (V > 3m/s)	Intensités de turbulence moyenne (V = 12 m/s)
Anémomètre 1	98,5 m	8,36 %	9,10 %
Anémomètre 2	98,5 m	8,42 %	9,14 %
Anémomètre 3	80 m	8,75 %	10,09 %
Anémomètre 4	60 m	9,27 %	10,89 %
Anémomètre 5	40 m	10,06 %	11,54 %

Gradients verticaux de vitesse

Le tableau ci-dessous présente les valeurs de α moyen correspondant à la relation suivante : $Vh_1 / Vh_2 = (h_1/h_2)^{\alpha}$.

Tableau 10 : Coefficients alpha moyen sur le mât de mesure de Bordeaux en Gâtinais (14/01/2019 au 13/01/2020)

(Source : Eoltech)

Pour V_{h1} > 3m/s	Global	Jour (08h00 – 18h00)	Nuit (18h00 – 08h00)
Anémomètres orientés à 315 °			
Coefficient alpha (α) 98,5 m (A2) – 80 m (A3)	0,24	0,12	0,32
Coefficient alpha (α) 98,5 m (A2) – 60 m (A4)	0,26	0,13	0,35
Coefficient alpha (α) 98,5 m (A2) – 40 m (A5)	0,27	0,13	0,36

Selon l'étude anémométrique réalisée par EOLTECH, les vitesses moyennes de vent sont de 6,49 m/s sur le site de Bordeaux en Gâtinais à 98,5 m de hauteur.

III. 2. 3. Risques naturels

La notion de risque naturel recouvre l'ensemble des menaces que certains phénomènes et aléas naturels font peser sur des populations, des ouvrages et des équipements. Plus ou moins violents, ces évènements naturels sont toujours susceptibles d'être dangereux aux plans humain, économique ou environnemental.

Dans le Loiret, les risques naturels majeurs identifiés sont les inondations, les mouvements de terrain, les séismes et les risques climatiques majeurs (intempéries hivernales exceptionnelles, canicule et tempête et orage).

Le tableau suivant récapitule les risques naturels présents sur les communes de l'aire d'étude de dangers, et dans un rayon de 6 km, qui sont ensuite repris séparément dans les paragraphes suivants. Les données sont issues de plusieurs sites internet, dont Georisques.gouv.fr sur la prévention des risques majeurs du Ministère en charge de l'écologie, ainsi que du DDRM du Loiret, disponible sur le site internet de la Préfecture.

Tableau 11 : Les risques naturels sur les communes de la zone d'étude

Communes	Inondation	Mouvement de terrain	Séisme	Risque climatique
Barville-en-Gâtinais	-	AC	1	X
Batilly-en-Gâtinais	-	AC	1	X
Beaune-la-Rolande	-	AC	1	X

III. 2. 3. 1. Inondation

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'une zone, avec des hauteurs d'eau variables. Elle peut se traduire par un débordement du cours d'eau, une remontée de la nappe phréatique, ou une stagnation des eaux pluviales.

Inondation par submersion / débordement

Une **crue** est la résultante de plusieurs composantes concernant à la fois les eaux de surface et les eaux souterraines : ruissellement des versants, apport de l'amont par la rivière, écoulement des nappes voisines de versants et des plateaux voisins, saturation de la nappe alluviale, porosité et états de surface des sols au moment des pluies, capacité relative de la rivière à évacuer cette eau.

Sur les trois communes de l'aire d'étude de dangers, aucune n'est concernée par le risque d'inondation et ne fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques (PPRi) et/ou n'est située dans un Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) ni dans un Atlas des Zones inondables (AZI).

Les communes d'implantation du parc éolien ne sont pas soumises au risque inondation.

Inondation par remontée de nappes

On appelle zone **« sensible aux remontées de nappes »** un secteur dont les caractéristiques d'épaisseur de la Zone Non Saturée 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 des sous-sols à quelques mètres sous la surface du sol.

Le site *Géorisques.gouv.fr* présente des cartes départementales de sensibilité au phénomène de remontées de nappes. La cartographie au niveau de l'aire d'étude de dangers indique que les communes sont exposées à des risques de remontée de nappe du fait de l'existence de *« zones potentiellement sujettes au risque d'inondation de cave »* et de « débordements de nappe ».

L'aire d'étude de dangers intègre plusieurs zones potentiellement sujettes aux inondations de cave et débordements de nappe en raison de la présence du ruisseau du Renoir. Aucune éolienne n'est impactée par ce risque.

III. 2. 3. 1. Séisme

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux fondations des bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la fréquence et de la durée des vibrations.
Le risque sismique peut se définir comme étant l'association entre l'aléa (probabilité de faire face à un séisme) et la vulnérabilité des enjeux exposés (éléments potentiellement exposés et manière dont ils se comporteraient face au séisme).
Les communes de l'aire d'étude de dangers se situent dans une zone à risque de sismicité très faible (niveau 1), d'après le décret n°2010-125 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

L'aire d'étude de dangers se trouve en zone d'aléa très faible par rapport au risque sismique.

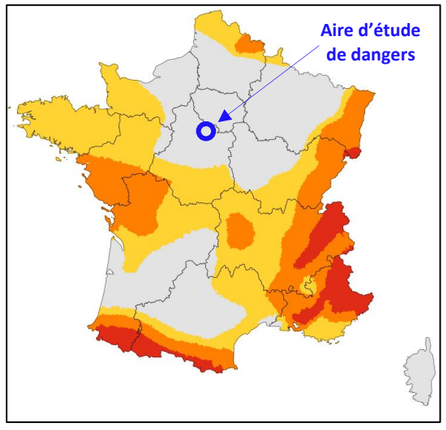
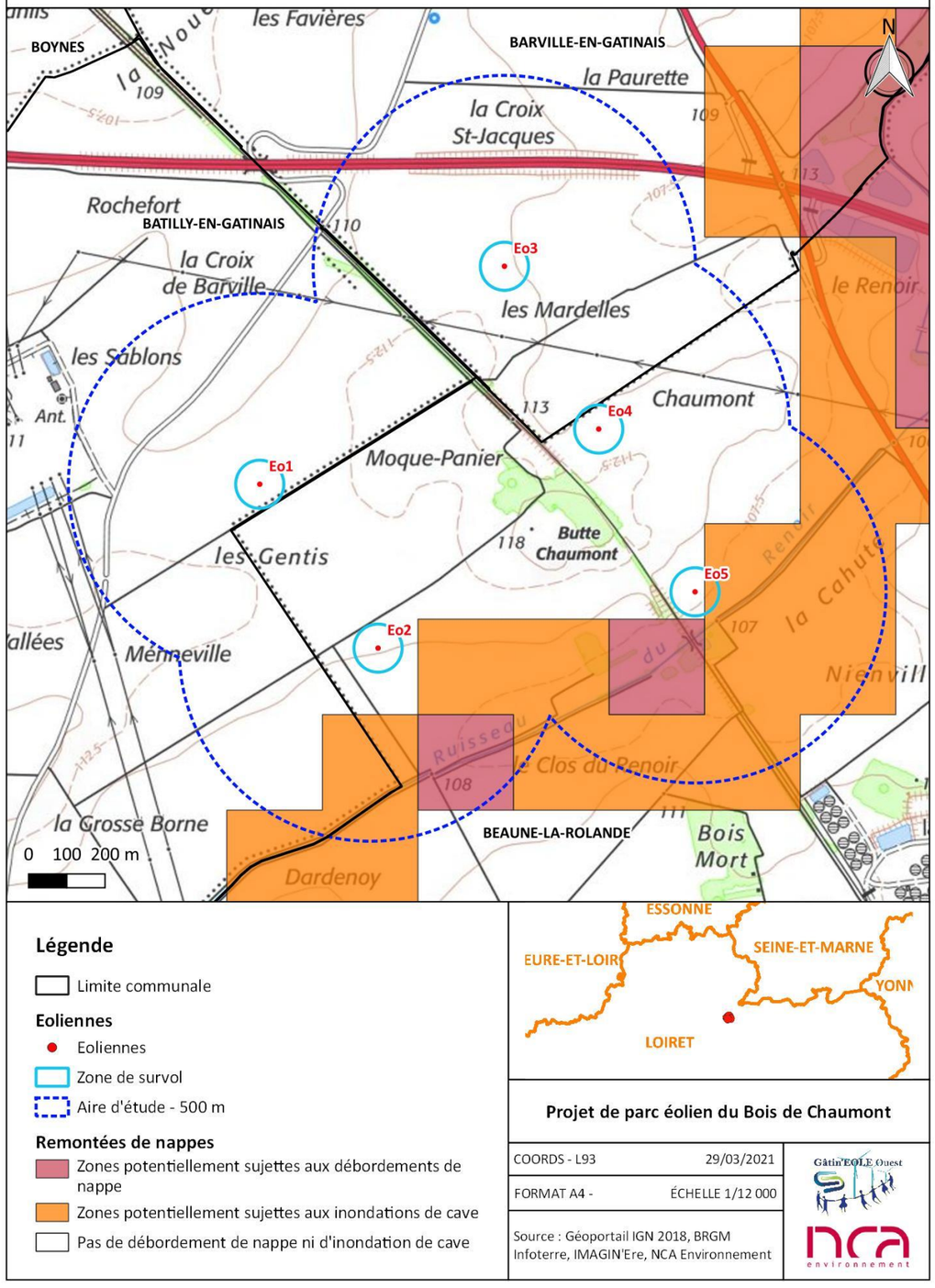


Figure 6 : Carte du risque sismique en France
(Source : Géoportail, MEDDE)

Risque de remontée de nappes au niveau de l'aire d'étude de dangers



III. 2. 3. 2. Mouvements de terrain

Généralités

Un **mouvement de terrain** est un déplacement plus ou moins brutal du sol ou du sous-sol, dû à des processus lents de dissolution ou d'érosion favorisés par l'action de l'eau et/ou de l'homme. Il est fonction de la nature et de la disposition des couches géologiques.

D'après le site *Géorisques* et le DDRM 45, les communes de l'aire d'étude de dangers sont soumises au risque de mouvements de terrain par retrait/gonflement des argiles et effondrement de cavités.

Retrait-gonflement des argiles

Le **retrait-gonflement des argiles** est un phénomène naturel qui se caractérise par une variation du volume des argiles présentes en surface, notamment en période sèche, en fonction de leur niveau d'humidité.

Le BRGM a cartographié le risque de mouvement différentiel de terrain dû aux argiles en recensant la présence d'argiles gonflantes dans les sols. La consultation de ces cartes montre que l'aire d'étude de dangers présente un risque faible à moyen au risque de retrait-gonflement des argiles. Selon le DDRM du Loiret, les 3 communes de l'aire d'étude de dangers sont en effet soumises à un risque.

La grande majorité de l'aire d'étude de dangers présente un aléa moyen au risque de retrait-gonflement des argiles.

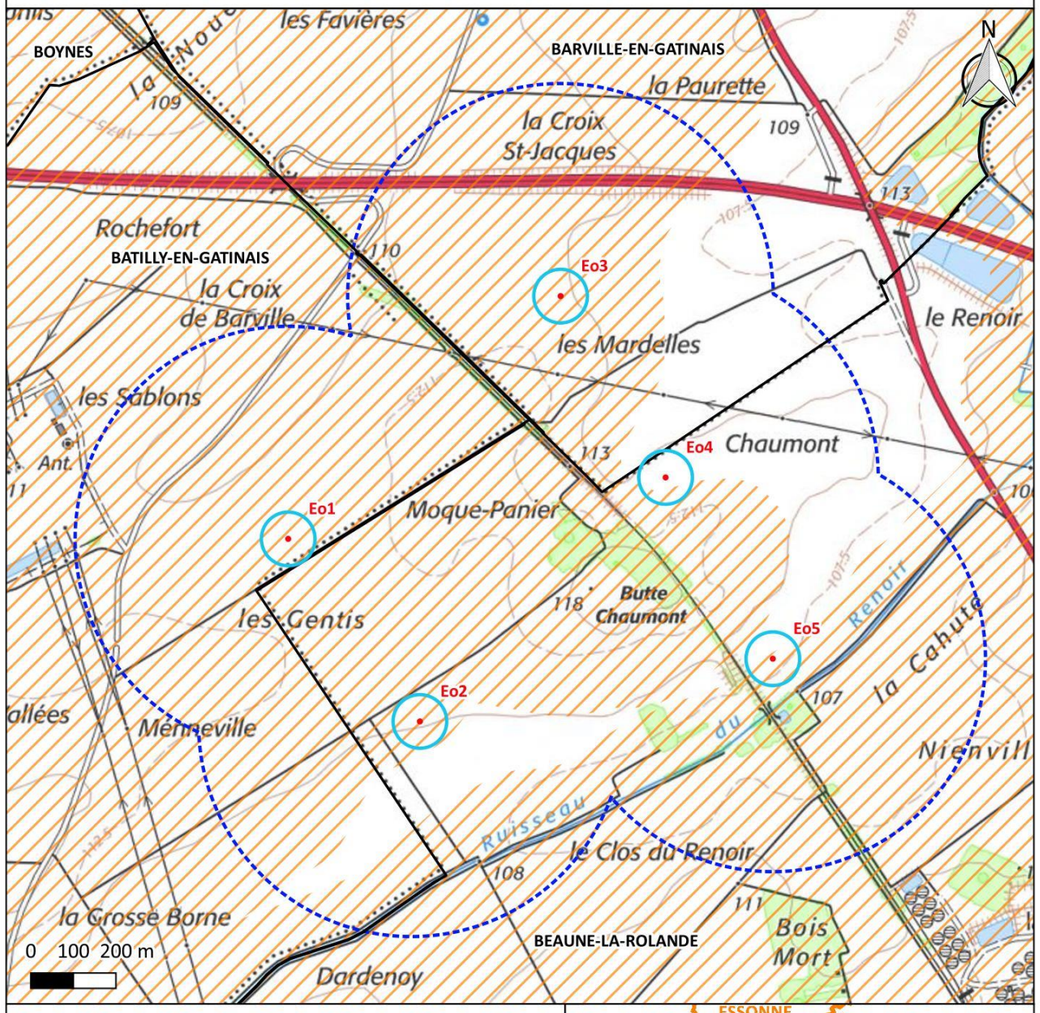
Cavités souterraines

Le BRGM recense, identifie et caractérise au sein d'une base de données les cavités souterraines sur le territoire français depuis 2001. Ces cavités peuvent être d'origine naturelle (érosion, dissolution…) ou anthropique (exploitation de matières premières, ouvrages civils…). Les risques associés à leur présence sont des affaissements de terrain, des effondrements localisés ou généralisés.

Deux cavités sont présentes sur la commune du Barville-en-Gâtinais (deux cavités naturelles) et cinq sur la commune de Beaune-la-Rolande (quatre cavités naturelles et une carrière). La cavité la plus proche est naturelle et se situe à plus d'un kilomètre au sud de l'éolienne Eo5.

Aucune cavité souterraine localisée n'est recensée à moins de 500 m de l'aire d'étude de dangers.

Aléa retrait-gonflement des argiles au niveau de l'aire d'étude de dangers



III. 2. 3. 3. Evènements climatiques exceptionnels

Les intempéries hivernales exceptionnelles sont caractérisées par des périodes de grands froids et résultent de deux critères climatologiques cumulés : des précipitations de neige ou de pluie verglaçante et des températures très basses.
Le Loiret connait des hivers peu rigoureux, les températures minimales franchissant le seuil des -5° en moyenne 9 jours par an seulement et le seuil des -10°C seulement 1 à 2 jours par an.
Les chutes de neige pouvant atteindre 10 cm sont rares (moins de 1 an sur 3).

La situation peut devenir périlleuse lorsque le froid devient intense ou lorsque les chutes de neige dépassent 15 à 20 cm et lorsque les intempéries hivernales sont exceptionnellement longues.

L'enneigement et le verglas réduisent la capacité des réseaux de circulation à écouler le trafic. La paralysie du réseau routier et autoroutier est un piège pour les usagers, avec de fortes répercussions économiques. Le risque de ces intempéries réside aussi dans l'inaccessibilité aux zones sensibles (hôpitaux, établissements scolaires, *etc.*).
De plus, l'impact peut être sanitaire avec des maladies infectieuses liées aux températures hivernales, les intoxications au monoxyde de carbone, l'absence de ventilation des pièces, *etc.*

L'ensemble du département du Loiret est concerné par le risque d'intempéries hivernales exceptionnelles.

Une tempête correspond à l'évolution d'une perturbation atmosphérique, ou dépression, le long de laquelle s'affrontent deux masses d'air aux caractéristiques distinctes (température, teneur en eau). De cette confrontation naissent notamment des vents pouvant être très violents. On parle de tempête lorsque les vents dépassent 89 km/h durant 10 min. Les rafales peuvent atteindre 130 à 140 km/h.
L'essentiel des tempêtes touchant la France se forme sur l'océan Atlantique, au cours des mois d'automne et d'hiver, progressant à une vitesse moyenne de l'ordre de 50 km/h, et pouvant concerner une largeur atteignant 2 000 km.
Toutes les communes du département du Loiret sont exposées à des vents plus ou moins violents.

L'ensemble du département du Loiret est concerné par le risque tempête.

La foudre est un phénomène électrique de très courte durée, véhiculant des courants de forte intensité, se propageant avec des fronts de montée extrêmement raides entre deux masses nuageuses ou entre une masse nuageuse et le sol. Par ses effets directs et indirects, elle peut être à l'origine d'incendies, d'explosions et de dysfonctionnements sur des équipements électriques.

L'activité orageuse est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours par an où l'on a entendu gronder le tonnerre. Ce niveau kéraunique n'est pas à confondre avec la densité de foudroiement (nombre de coups de foudre au km² par an, noté Ng).

Comme l'indique la carte du risque kéraunique en France ci-après, l'AEI se trouve dans une zone peu soumise au risque foudre, où l'on compte moins de 25 jours d'orage par an.

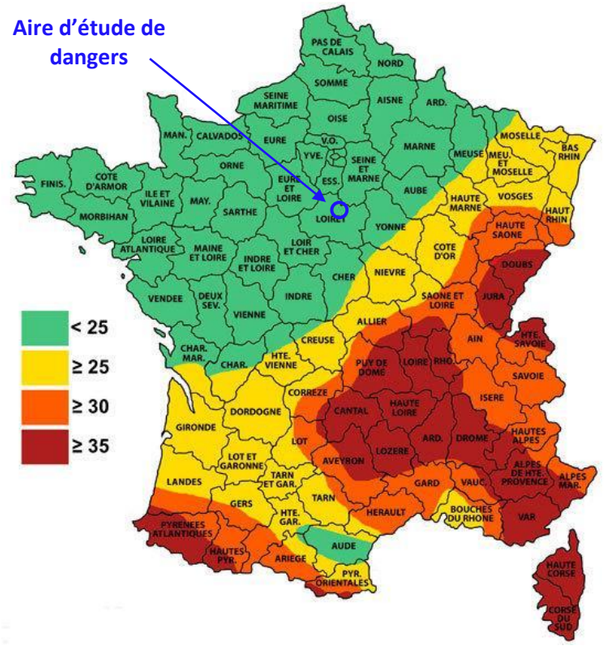


Figure 7 : Niveau kéraunique en France (nombre de jours d'orage par an)

L'aire d'étude de dangers est peu exposée au risque foudre.

La canicule est propice aux pathologies liées aux températures élevées, sans période de fraicheur suffisante pour permettre à l'organisme de récupérer, à l'aggravation de pathologies préexistantes ou à l'hyperthermie. Cela peut également amener à des pics d'ozone dans les grandes agglomérations et les zones fortement industrialisées, entrainant des pathologies comme les conjonctivites, rhinites, toux, essoufflements…
Il y a une canicule dans le Loiret au sens de la procédure de vigilance lorsque la température maximale est supérieure à 34°C et la température minimale nocturne supérieure à 19°C pendant au moins 3 jours consécutifs.

L'ensemble du département du Loiret est concerné par le risque de canicule.

III. 2. 4. Intérêts à protéger

III. 2. 4. 1. Géologie

L'aire d'étude de dangers est composée de 3 formations géologiques :

- **M1a3** : Aquitanien supérieur (Calcaire de Beauce) : Marnes de Blamont.
  - Les éoliennes Eo1 et Eo3 sont implantées sur cette formation.
- **M1a2** : Aquitanien supérieure (Calcaire de Beauce) : Marines de Pithiviers.
  - Les éoliennes Eo2, Eo4 et Eo5 sont implantées sur cette formation.
- **FC** : Colluvions de fond de vallon alimentées par des limons de plateau.

Une carte géologique est présentée en page suivante.

III. 2. 4. 2. Hydrogéologie

Masses d'eau souterraine

Une seule masse d'eau souterraine principale se trouve au droit de l'aire d'étude de dangers. Les éoliennes sont uniquement implantées sur la masse d'eau **« multicouche craie du Séno-turonien et calcaires de Beauce libres » (FRGG092)**. Cette masse d'eau présente un écoulement libre. Sa surface est de 8 216 km² et s'étend sur le district de la Loire, les cours d'eau côtiers vendéens et bretons.

Il s'agit d'une nappe de type dominante sédimentaire, pour laquelle un objectif de bon état chimique est fixé pour 2027 et un bon état quantitatif pour 2021.

Les éoliennes s'implantent sur une seule masse d'eau (multicouche craie du Séno-turonien et calcaires de Beauce libres) dont les états chimique et quantitatif sont médiocres. Un objectif de bon état chimique est fixé pour 2027 et un bon état quantitatif pour 2021.

Captages d'alimentation en eau potable

Trois captages d'eau potable sont actifs dans les communes de l'AEI. Le périmètre de protection rapprochée du captage le plus proche se trouve à 1,1 km au sud-ouest de l'éolienne Eo1 et à 1,3 km à l'ouest de l'éolienne Eo2 (captage de Batilly-en-Gâtinais). Les deux autres périmètres de protection rapprochée sont situés à 1,8 km au sud de l'éolienne Eo5 (Beaune rue Batilly) et 2,3 km au sud-est de l'éolienne Eo5 (Beaune rue des déportés).

Aucun captage ou périmètre de protection n'est présent dans l'aire d'étude de dangers.

III. 2. 4. 3. Hydrologie

Les eaux superficielles

Le Ruisseau du Renoir traverse le sud de l'aire d'étude de dangers. Il passe à 100 m au sud-est de l'éolienne Eo5 et à 362 m au sud-est de l'éolienne Eo2.

L'aire d'étude de dangers se trouve au sein du bassin Seine-Normandie. Ainsi, le projet éolien est soumis au respect des prescriptions du SDAGE Seine-Normandie.

Ce SDAGE est guidé par 10 grandes orientations. Elles intègrent les objectifs de la DCE et du SDAGE précédent qu'il est nécessaire de poursuivre ou de renforcer :

- Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants classiques ;
- Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques ;
- Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses ;
- Réduire les pollutions microbiologiques des milieux ;
- Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;
- Protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides ;
- Gestion de la rareté de la ressource en eau ;
- Limiter et prévenir le risque d'inondation ;
- Acquérir et partager les connaissances ;
- Développer la gouvernance et l'analyse économique.

Le projet éolien du Bois de Chaumont doit être compatible avec les orientations et dispositions du SDAGE Seine-Normandie.

Plus précisément, l'aire d'étude de dangers est implantée dans la circonscription du SAGE Nappe de Beauce et milieux aquatiques associés tout comme les éoliennes.

Il concerne une superficie de 9 722 km² et s'étend sur les régions Centre et Ile-de-France, réparties sur 6 départements (Loiret, Eure-et-Loir, Yvelines, Essonne, Seine-et-Marne et Loir-et-Cher). Il regroupe ainsi 681 communes, soit 1,4 million d'habitants.

La compatibilité du projet éolien avec le SAGE Nappe de Beauce et milieux aquatiques doit par conséquent être respectée.

Les enjeux majeurs de ce SAGE sont les suivants :

- Atteindre le bon état des eaux ;
- Gérer quantitativement la ressource ;
- Assurer durablement la qualité de la ressource ;
- Préserver les milieux naturels ;
- Prévenir et gérer les risques d'inondation et de ruissellement.

Le SAGE Nappe de Beauce et milieux aquatiques associés est actuellement mis en œuvre et porté par l'Institution le syndicat mixte du Pays de Beauce Gâtinais en Pithiviers.

Le projet éolien du Bois de Chaumont doit être compatible avec les orientations et dispositions du SAGE Nappe de Beauce et milieux aquatiques.

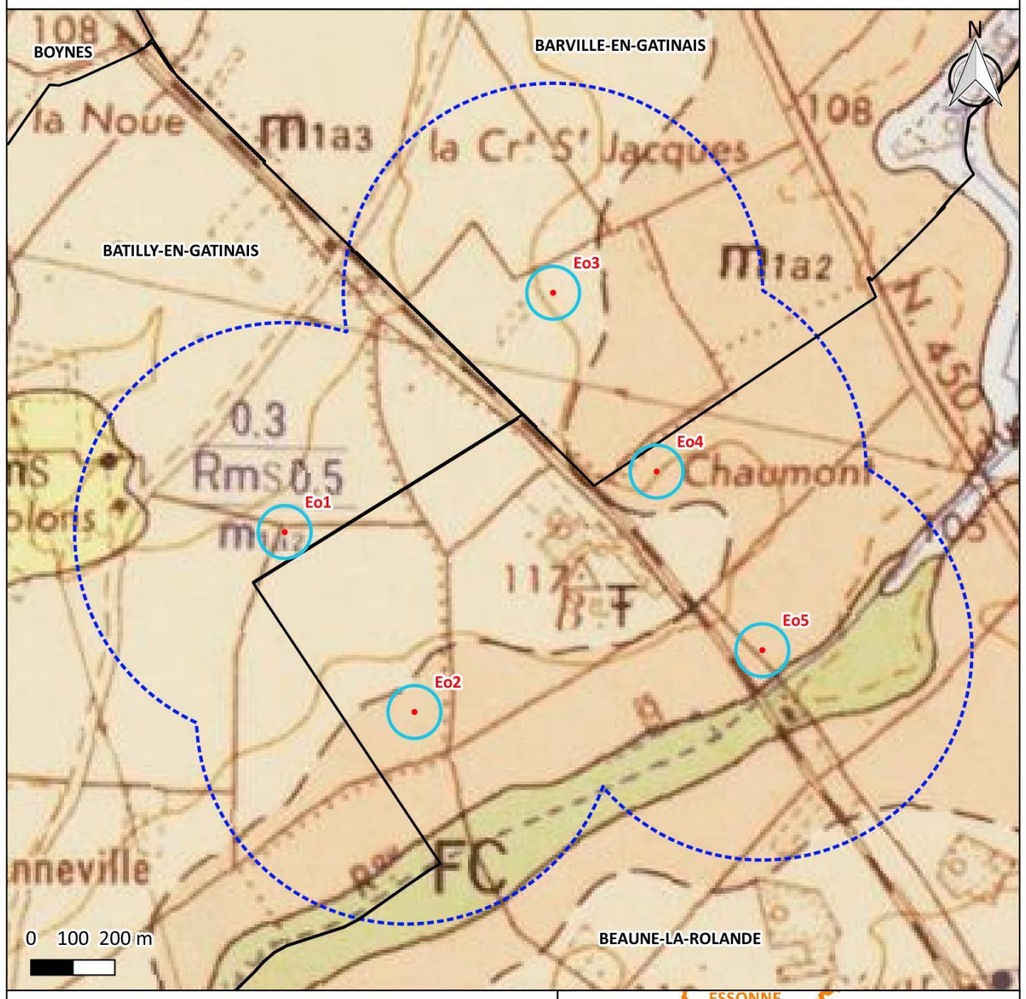
Les zones humides

La présence de zone humide au sein de l'aire d'étude de dangers est probable d'après la pré-localisation des zones humides, en raison de la traversée du ruisseau du Renoir, effectuée par le SAGE Nappe de Beauce et selon le site *sig.reseau-zones-humides.org*.

Une expertise sur les zones humides a été réalisée par le bureau d'étude ECOSPHERE en décembre 2019. Seule la conclusion de ce rapport est reprise ci-après. Le diagnostic complet est présenté dans l'étude écologique.

« Les résultats obtenus permettent d'affirmer qu'aucune zone humide n'est présente au droit des implantations des éoliennes, des chemins d'accès ou des câbles électriques. »

Géologie au niveau de l'aire d'étude de dangers



Légende

- Limite communale

Eoliennes

- Eoliennes
- Zone de survol
- Aire d'étude - 500 m

Géologie

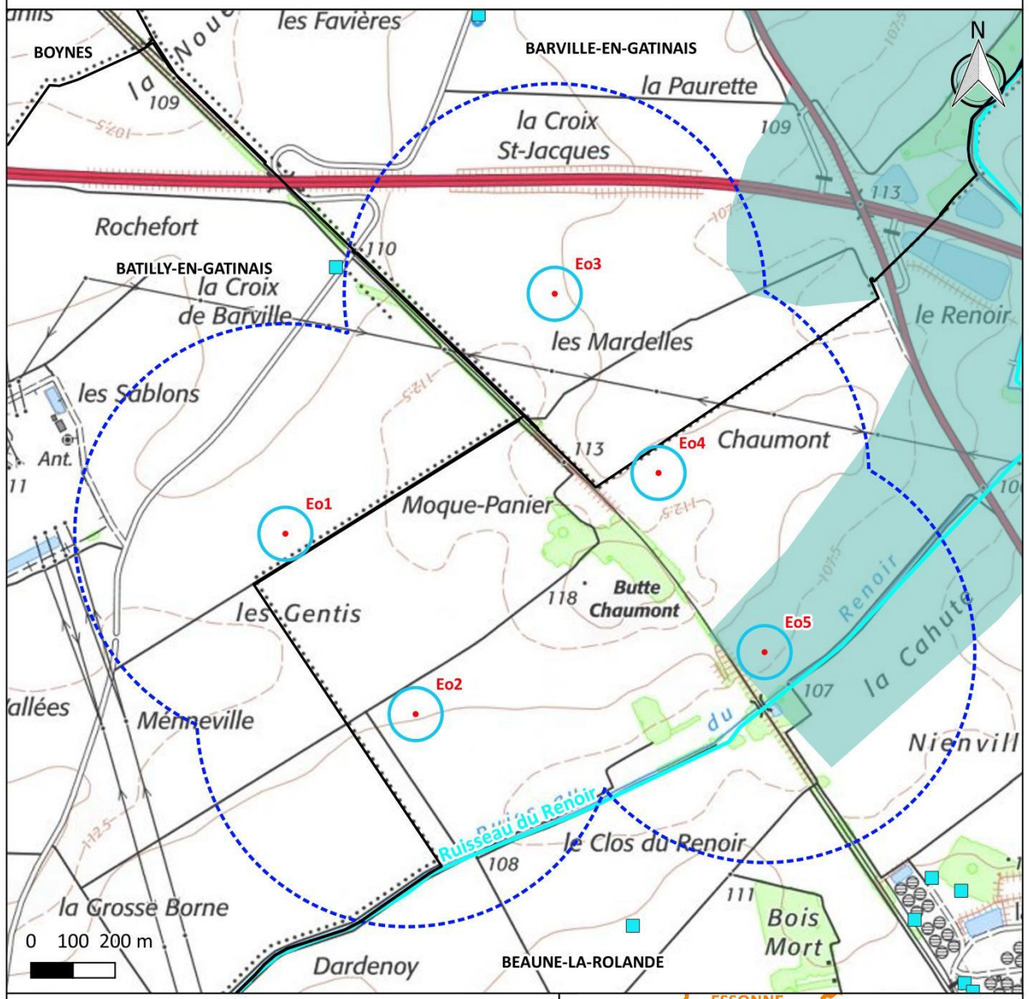
- M1a3 : Aquitanien supérieur (Calcaire de Beauce) : Marnes de Blamont
- M1a2 : Aquitanien supérieure (Calcaire de Beauce) : Marines de Pithiviers
- FC : Colluvions de fond de vallon alimentées par des limons de plateau

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/12 000

Source : BRGM Infoterre, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Hydrologie et hydrogéologie au niveau de l'aire d'étude de dangers



Légende

- Limite communale

Eoliennes

- Eoliennes
- Zone de survol
- Aire d'étude - 500 m

Hydrogéologie

- Point d'eau BSS

Hydrologie

- Cours d'eau
- Préolocalisation de zones humides d'après le SAGE Nappe de Beauce

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/12 000

Source : Géoportail IGN 2018, réseau ZH, Sandre Eau BD Carthage, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

III. 3. Environnement matériel

III. 3. 1. Voies de communication

III. 3. 1. 1. Transport routier

L'aire d'étude de dangers est traversée par un seul grand axe routier : l'autoroute A19.

Des routes communales et chemins ruraux traversent également cette aire, comme le montre la carte ci-contre.

L'éolienne la plus proche de l'AE19 est Eo3, à près de 272 m au nord de celle-ci. Par jour, 8 567 véhicules tous confondus empruntent cette autoroute, dont 11,9% de poids lourds.
L'aire d'étude de dangers recense ainsi une seule route structurante (trafic supérieur à 2 000 véhicules par jour).

La commune de Barville-en-Gâtinais est desservie par la ligne de car n°11. La commune de Beaune-la-Rolande est également desservie par cette ligne ainsi que par les lignes n°14 et n°17. Batilly-en-Gâtinais n'est pas desservie par les transports en commun.

L'aire d'étude de dangers intègre une route structurante (TMJA > 2000), ainsi que des routes communales et des chemins ruraux.

L'Agence territoriale de Pithiviers de la Direction de l'ingénierie et des infrastructures informe le Maître d'Ouvrage, par mail en date du 26 mars 2020, que pour le projet éolien du Bois de Chaumont, la distance minimale d'implantation à respecter est égale à la hauteur totale de l'éolienne (mât + pales) augmentée de 20 m entre le bord de la chaussée et la base de l'éolienne (en limite extérieure la plus proche). Cette distance pourra être plus importante si l'étude de sécurité réalisée par le demandeur au stade de l'étude d'impact le recommande.

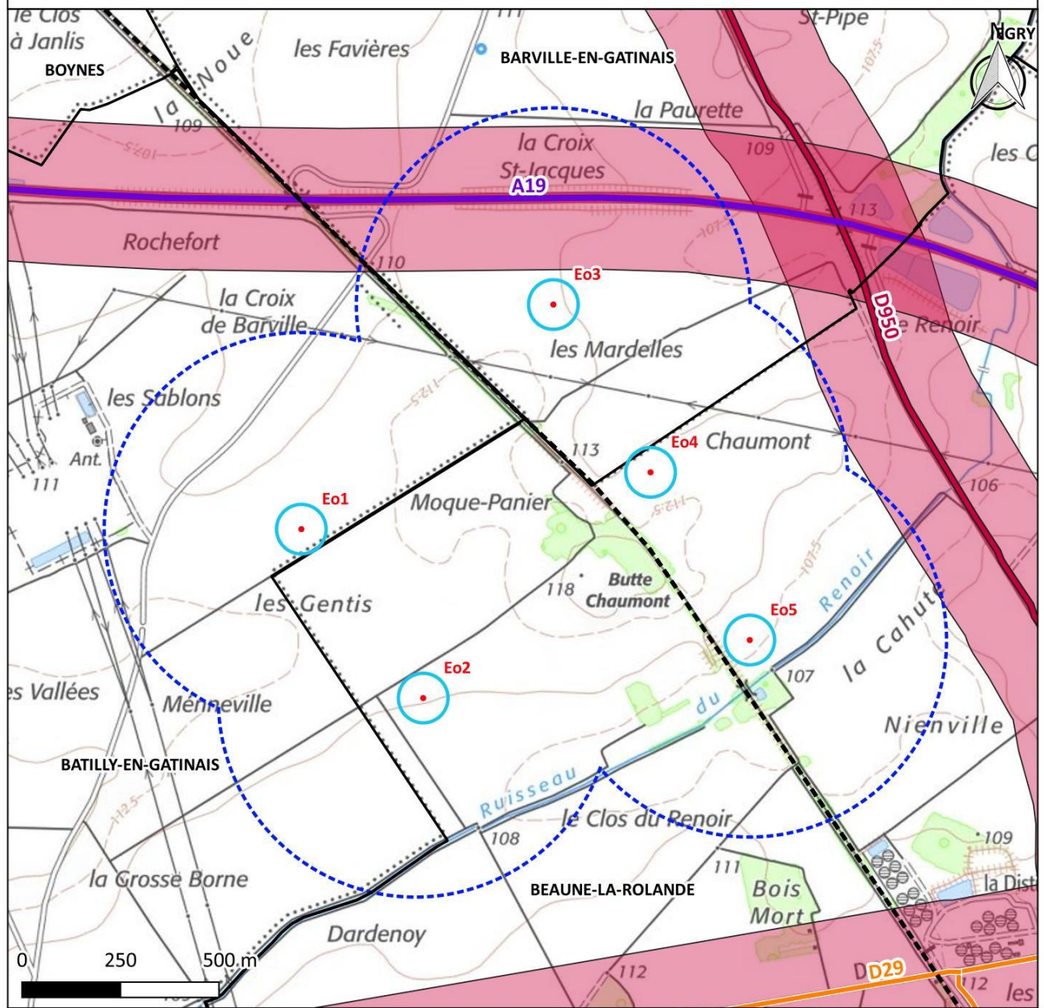
Avec une hauteur totale (mât + pale) de 162 m, la distance d'implantation vis-à-vis des routes est de 182 m.

III. 3. 1. 1. Transport ferroviaire

Une ancienne ligne de chemin de fer traverse l'aire d'étude de dangers (ligne d'Etampes à Beaune-la-Rolande). Elle n'est plus utilisée et est laissée à l'abandon. La végétation a repris ses droits et la recouvre partiellement.

Aucune ligne de chemin de fer en activité ne traverse l'aire d'étude de dangers. Une ancienne voie ferrée abandonnée traverse la ZIP selon un axe nord-ouest/sud-est.

Axes de communication au niveau de l'aire d'étude de dangers



Légende

- Limite communale

Eoliennes

- Eoliennes
- Zone de survol
- Aire d'étude - 500 m

Infrastructures de transport

- Autoroute
- Route départementale principale
- Route départementale locale
- Distance de 182 m des axes routiers
- Voie ferrée

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/13 000

Source : Géoportail - IGN 2018, Agence territoriale de Pithiviers, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

III. 3. 1. 2. Transport aérien

A l'échelle du département, l'aéroport Orléans Loire-Valley permet d'effectuer des vols internationaux directs.

A proximité de l'aire d'étude de dangers se trouvent l'aérodrome de Pithiviers, à environ 15 km au nord-est (aéroclub du Monceau) et l'aérodrome de Montargis-Vimory à environ 23 km au sud-est (aéroclub du Gâtinais). Ces deux aérodromes ne sont pas ouverts aux vols commerciaux et fonctionnent sous le régime des associations. Ce sont des aérodromes qui comprennent des écoles de pilotage, permettant l'initiation au vol et au baptême.

L'aéroport le plus proche de la ZIP se trouve donc à Orléans à 25 km au sud-ouest.

La **Direction Générale de l'Aviation civile (DGAC)** indique par courrier datant du 11 mars 2021 que le projet se situe dans la zone de coordination du VOR de Pithiviers, zone réglementée par l'arrêté du 22 juin 2020 modifiait 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.

Elle précise que les règles d'implantation des éoliennes en présence d'un VOR : en application de l'annexe 6 de la circulaire du 12 janvier 2012 « relative à l'instruction des projets éoliens par les services de l'Aviation civile », l'acceptabilité d'une ferme éolienne en visibilité directe du VOR dépend du nombre d'éoliennes qui la composent et de leurs distances par rapport au VOR :

- Aucune éolienne, à moins de 5 km d'un VOR ;
- Une seule éolienne acceptable entre 5 et 10 km d'un VOR ;
- Cinq éoliennes acceptables entre 10 et 15 km d'un VOR.

Les éoliennes du projet éolien du Bois de Chaumont se situant à moins de 10 km et moins de 15 km du VOR, elles ne respectent pas les prescriptions susvisées car il existe déjà au moins 5 éoliennes dans ce périmètre (49). La DGAC conclut qu'au vu de ces contraintes, l'implantation de ces éoliennes dans cette zone serait de nature à porter atteinte à la sécurité publique car elles constitueraient un obstacle à la navigation aérienne.

La DGAC propose au maître d'ouvrage de prendre en charge le remplacement du VOR-C actuel par un VOR-Doppler permettant d'augmenter le nombre d'éoliennes acceptables dans la zone des 10-15 km (4 machines sur les 17 du projet).

Une convention a donc été mise en place. Cette convention relative aux modalités de financement des travaux de remplacement du VOR Conventionnel de PITHIVIERS en VOR Doppler permet d'encadrer l'engagement pris par la société de projet.

La **FFVL, Fédération française de vol libre** indique le 25 mai 2020 qu'elle n'a pas d'objection à émettre au projet.

Une demande de servitude a été faite auprès de la **Direction de la Sécurité Aéronautique d'Etat (DSAE)**. Elle n'avait pas émis d'avis au moment du dépôt du présent dossier (cf. ***Annexe 6*** du *Volume 1 Pièces administratives et réglementaires* du présent DDAE).

Les fédérations du **Conseil National des Fédérations Aéronautiques et Sportives (CNFAS)** informent le maître d'ouvrage de la présence de la base ULM à Egry référencée LF 4559 et l'invitent à se rapprocher du responsable de la structure. Contacté, le gestionnaire indique qu'au vu de l'éloignement du projet, il n'émet aucune objection au projet.

Aucune activité aéronautique n'est recensée comme pouvant être impactée par le projet.

III. 3. 1. 1. Transport fluvial

Il n'existe aucune voie navigable dans l'aire d'étude.

III. 3. 2. Réseaux publics et privés

Transport d'électricité

Par courrier en date du 7 avril 2020, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité, RTE, informe le Maître d'ouvrage de la présence de 12 lignes électriques aériennes impactées par le projet :

Tableau 12 : Lignes électriques impactées par le projet selon RTE

(Source : RTE)

400 000 Volts CIROLLIERS – GÂTINAIS 1	Lignes en supports communs
400 000 Volts CIROLLIERS – GÂTINAIS 2	
400 000 Volts DAMBRON – GÂTINAIS 1	Lignes en supports communs
400 000 Volts DAMBRON – GÂTINAIS 2	
400 000 Volts GÂTINAIS – GAUGLIN 1	Lignes en supports communs
400 000 Volts GÂTINAIS – GAUGLIN 2	
400 000 Volts GÂTINAIS – TABARDERIE 1	Lignes en supports communs
400 000 Volts GÂTINAIS – TABARDERIE 2	
400 000 Volts GÂTINAIS – PITHIVIERS 1	Lignes en supports communs
400 000 Volts GÂTINAIS – PITHIVIERS 2	
400 000 Volts BEAUNE – GÂTINAIS 1	Lignes en supports communs
400 000 Volts BEAUNE – GÂTINAIS 2	

Ces lignes électriques présentent un caractère stratégique pour le réseau de transport HTB (tension supérieure à 50 000 Volts) et participent à l'interconnexion du réseau national et régional.

RTE précise que l'article 26 relatif à la « Distance aux arbres et obstacles divers » de l'Arrêté Technique Interministériel du 17 mai 2001, fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique, est applicable au présent projet. RTE demande de s'assurer que le projet respecte bien la distance prévue pour ces « obstacles divers ».
De plus, l'aire d'étude immédiate inclut le poste électrique RTE GÂTINAIS.

Selon le gestionnaire du réseau de transport d'électricité, au vu de l'importance que revêt un poste électrique et une ligne électrique pour le bon fonctionnement et la sécurité du réseau public de transport, **une distance supérieure à la hauteur des éoliennes pales comprises est imposée entre les aérogénérateurs et le câble le plus proche d'une ligne appartenant à RTE, soit une distance minimale de 162 m.**

RTE rappelle qu'en cas de sinistre (chute ou projection de matériaux) causant des dommages au réseau ou à des tiers, la responsabilité du porteur de projet sera engagée. Il appartient au MO de minimiser ce risque en prévoyant des distances d'éloignement suffisantes.

La réalisation du projet devra en outre respecter la réglementation en vigueur et en particulier celle relative aux travaux à proximité des ouvrages électriques HTB (Articles R4534-107 et suivants du Code du travail).

La ligne électrique de 90 kV passe entre les éoliennes Eo3 et Eo4, à 180 m au sud de l'éolienne Eo3 et à 189 m au nord de l'éolienne Eo4. La ligne électrique 400 kV passe à 500 m à l'ouest de l'éolienne Eo1. Cette éolienne se trouve également à moins de 500 m d'un poste électrique.

Liaisons hertziennes non protégées par des servitudes réglementaires

La consultation de la base de données nationale de l'ANFR (Agence Nationale des Fréquences) a permis de confirmer l'absence de servitudes radioélectriques sur les communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande.

Le Secrétariat Général pour l'Administration du Ministère de l'Intérieur (SGAMI) observe dans un courrier datant du 17 novembre 2020 que la zone d'étude se trouve exempte de toute servitude radioélectrique ayant pour gestionnaire le ministère de l'Intérieur, hors périmètre de la Gendarmerie Nationale. Le SGAMI

Le SGAMI ne s'oppose pas à ce projet en l'état.

Liaisons hertziennes non protégées

Suite à la consultation des réseaux de radiotéléphonie (SFR, Bouygues, Orange, Free) cartographiés par le site « carte-fh.lafibre.info », un faisceau hertzien a été recensé sur la ZIP. Il s'agit de l'opérateur Bouygues Telecom dont un faisceau traverse l'ouest de la ZIP et de l'AEI. Par courrier en date du 14 mai 2020 **Bouygues Telecom recommande de respecter une distance de 100 m de part et d'autre du FH**.

Ce faisceau hertzien se trouve à 142 m au sud-ouest de l'éolienne Eo1 et à 154 m au sud-ouest de l'éolienne Eo2.

Canalisations de transport

Suite à la consultation du site internet du gestionnaire du réseau de transport de gaz naturel haute pression, **GRT gaz** (http://www.grtgaz.com/notre-entreprise/notre-reseau.html), aucune canalisation de transport de gaz naturel n'est recensée ni dans l'aire d'étude immédiate, ni sur les communes de l'AEI. La canalisation la plus proche se trouve à plus de 3 km au nord de la ZIP.

Réseaux d'assainissement

Aucune installation de réseaux d'assainissement (station d'épuration) n'est recensée dans l'aire d'étude.

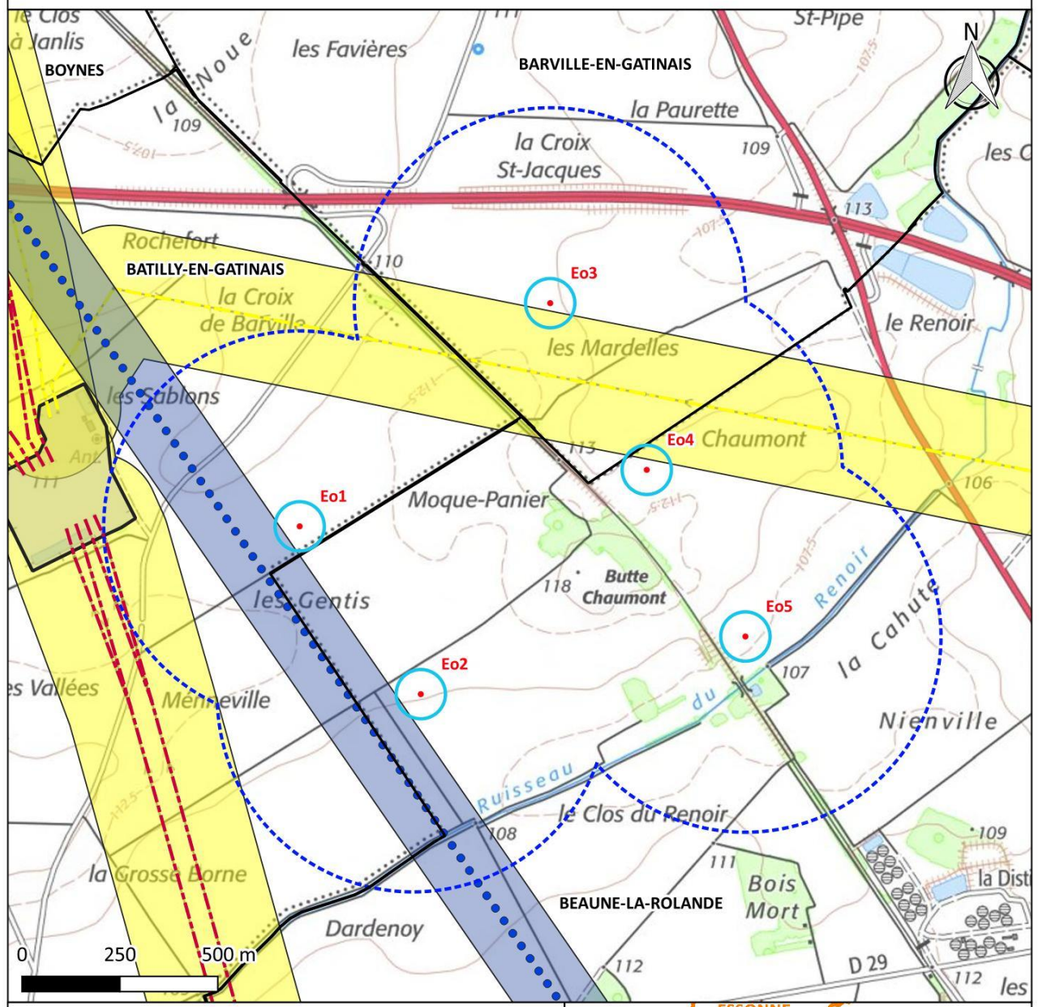
Captages d'alimentation en eau potable

Pour rappel, d'après la base de données de l'Agence Régionale de Santé (ARS), aucun captage ou périmètre de protection de captage ne se trouve à l'emplacement des éoliennes du Bois de Chaumont.

III. 3. 3. Autres ouvrages publics

Aucun barrage, digue, château d'eau ou bassin de rétention n'est recensé dans l'aire d'étude.

Servitudes et réseaux au niveau de l'aire d'étude de dangers



Légende

- Limite communale

Eoliennes

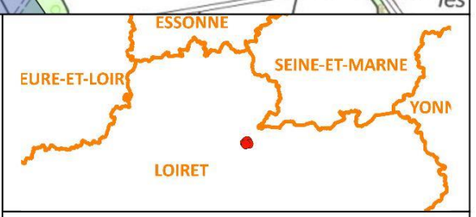
- Eoliennes
- Zone de survol
- Aire d'étude - 500 m

Servitudes et réseaux

- Lignes électriques - 90 kV
- Lignes électriques - 400 kV
- Distance de 162 m des lignes électriques
- Poste source

Autre réseau

- FH de Bouygues Telecom
- Distance de 100 m autour du FH



Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/13 000

Source : Géoportail - IGN 2018, Bouygues Telecom, RTE , IMAGIN'Ere, NCA Environnement

III. 4. Cartographie de synthèse

III. 4. 1. Nombre de personnes exposées

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans une aire d'étude.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur 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 propose une méthodologie pour compter, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés. Elle est présentée en Annexe 3.

Le nombre de personnes et les surfaces (ou longueurs) associées à chaque secteur sont repris dans le tableau suivant, pour chacune des éoliennes et leur périmètre de 500 m.

Tableau 13 : Nombre de personnes exposées pour chaque éolienne

Éolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés		Terrains aménagés mais peu fréquentés		Route structurante A19		Zone d'activité	Total
	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (km)	Nombre de personnes exposées	Nombre de personnes exposées	
Eo1	77,31	0,77	1,39	0,14	0,00	0,00	10,00	**10,91**
Eo2	77,27	0,77	1,43	0,14	0,00	0,00	0,00	**0,91**
Eo3	77,59	0,78	1,11	0,11	0,85	29,23	0,00	**30,12**
Eo4	76,81	0,77	1,89	0,19	0,00	0,00	0,00	**0,96**
Eo5	76,89	0,77	1,81	0,18	0,00	0,00	0,00	**0,95**

Le détail du nombre de personnes exposées est fourni ci-après :

- **Les champs et parcelles agricoles** sont considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 pers/100 ha).
- **Les routes structurantes** (TMJA> 2000 véhicules par jour) : 0,4 personne/km exposé par tranche de 100 véhicules par jour.
- **Les routes non structurantes, les chemins agricoles et les aménagements permanents** (plateformes et voies d'accès créées ou renforcées) des éoliennes sont considérés comme des terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers/10 ha).
- Les **postes électriques** sont considérés comme des zones d'activités (nombre de salariés).

L'autoroute A19, qui présente un TMJA de 8 567 véhicules, parcours l'aire d'étude de dangers près de l'éolienne Eo3. Elle traverse cette aire d'étude sur une distance de 853 m. le nombre de personnes exposées est de 29,23 pour l'éolienne Eo3 (voir le tableau de l'***Annexe 3***).

Le poste électrique présent dans l'aire d'étude de dangers vers l'éolienne Eo1 ne présente aucun salarié en permanence puisqu'il s'agit d'un site télétravaillé. Néanmoins, jusqu'à 10 techniciens peuvent être présents lors de phases de maintenance sur le poste électrique.

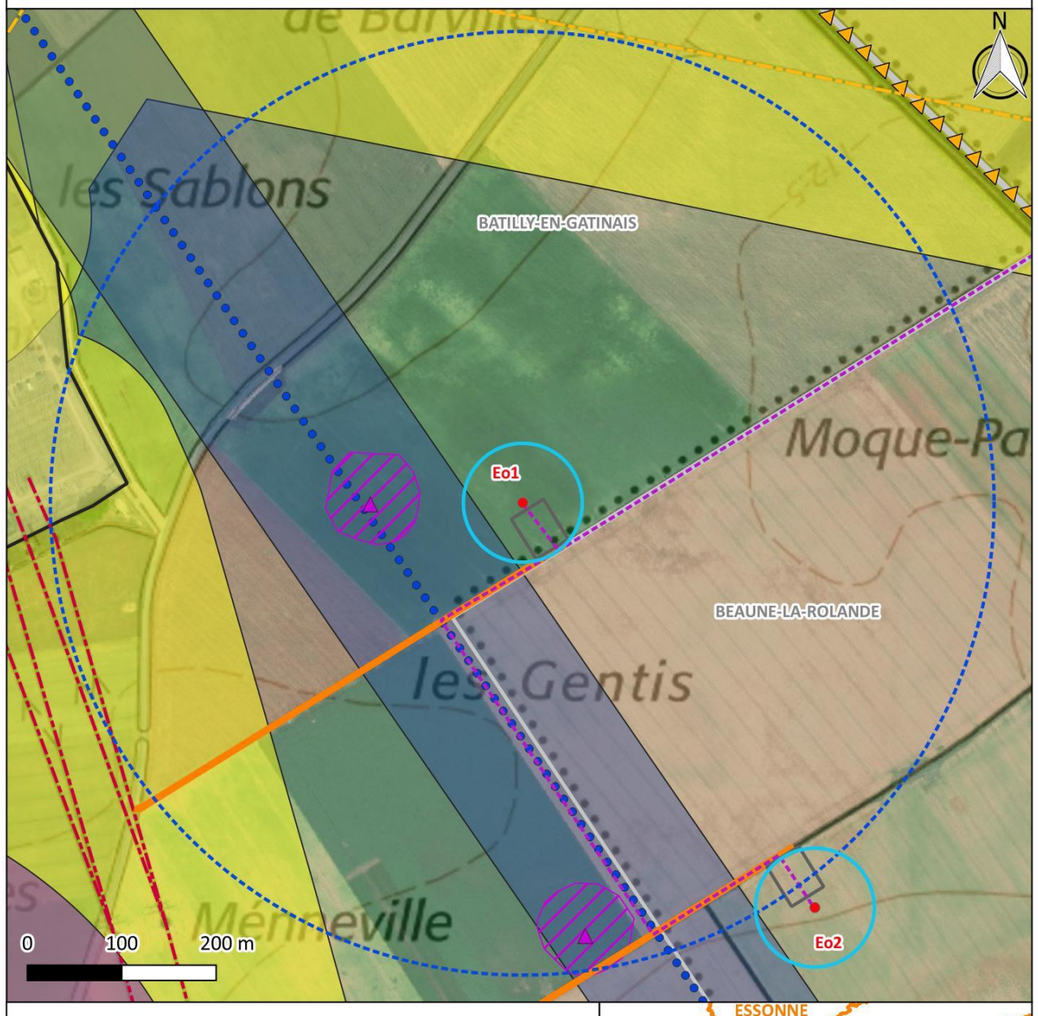
La voie ferrée présente dans l'aire d'étude de dangers n'expose aucune personne puisque celle-ci n'est plus en activité.

Il n'y a pas de terrain aménagé potentiellement fréquenté ou très fréquenté (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport…), voie navigable, ou logement exposé dans le secteur de l'aire d'étude.

III. 4. 2. Cartographie

Les cartographies suivantes permettent d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans les aires d'étude, à savoir les enjeux humains (nombre de personnes exposées) et les enjeux matériels.

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo1



Légende

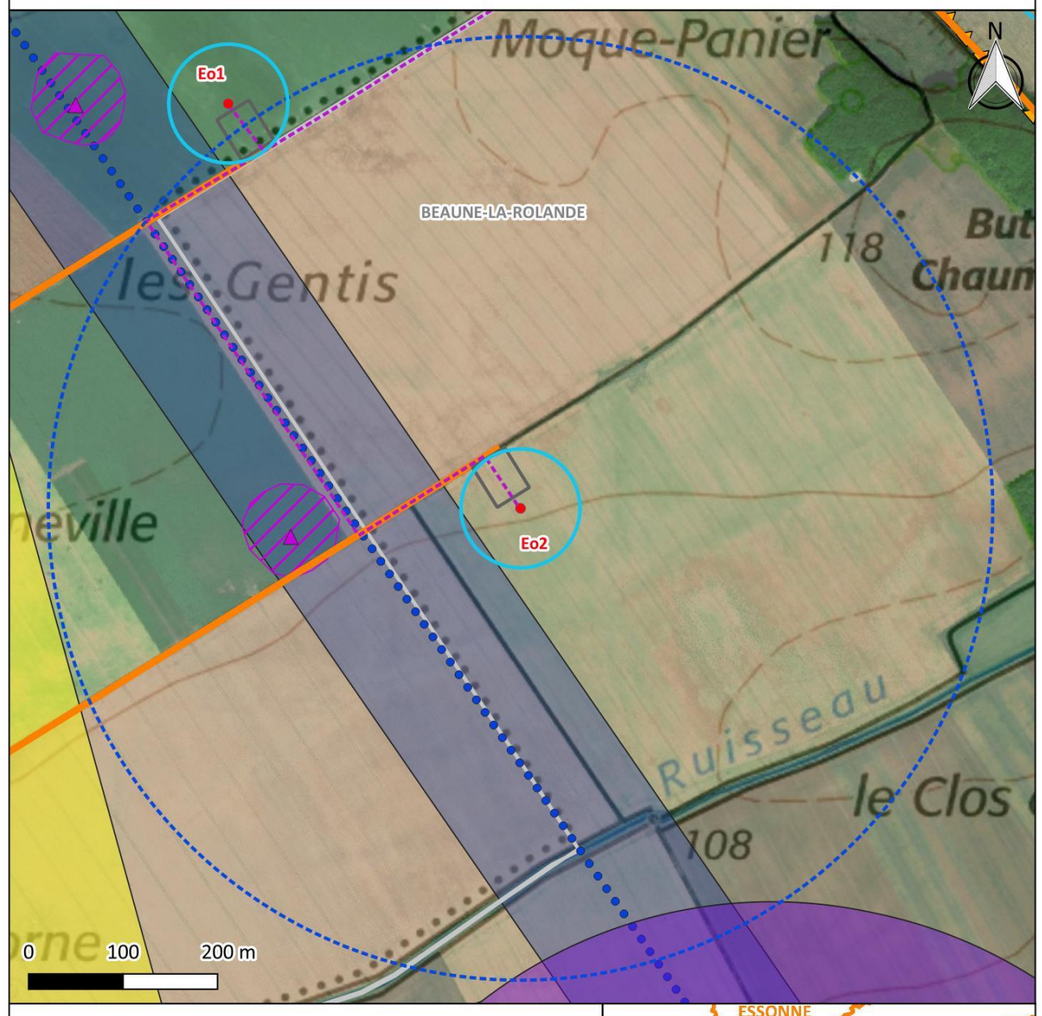
- Limite communale
- **Eoliennes**
  - Eoliennes
  - Zone de survol
  - Aire d'étude - 500 m
- **Aménagements**
  - Plateforme permanente
  - Chemin d'accès à renforcer
  - Raccordement électrique interne
- **Urbanisme**
  - Distance de 500 m des habitations
- **Patrimoine archéologique**
  - Entité archéologique
- Emprise supposée d'une entité archéologique
- **Servitudes et réseaux**
  - Ligne électrique - 90 kV
  - Ligne électrique - 400 kV
  - Distance de 162 m des lignes électriques
  - Poste source électrique
- **Réseau routier**
  - Route communale
  - Chemin
- **Autres réseaux**
  - Voie ferrée abandonnée
  - FH Bouygues Telecom
  - Distance de 100 m autour du FH

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/5 400

Géoportail IGN-2018, DRAC Loiret, Bouygues Telecom, RTE, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo2



Légende

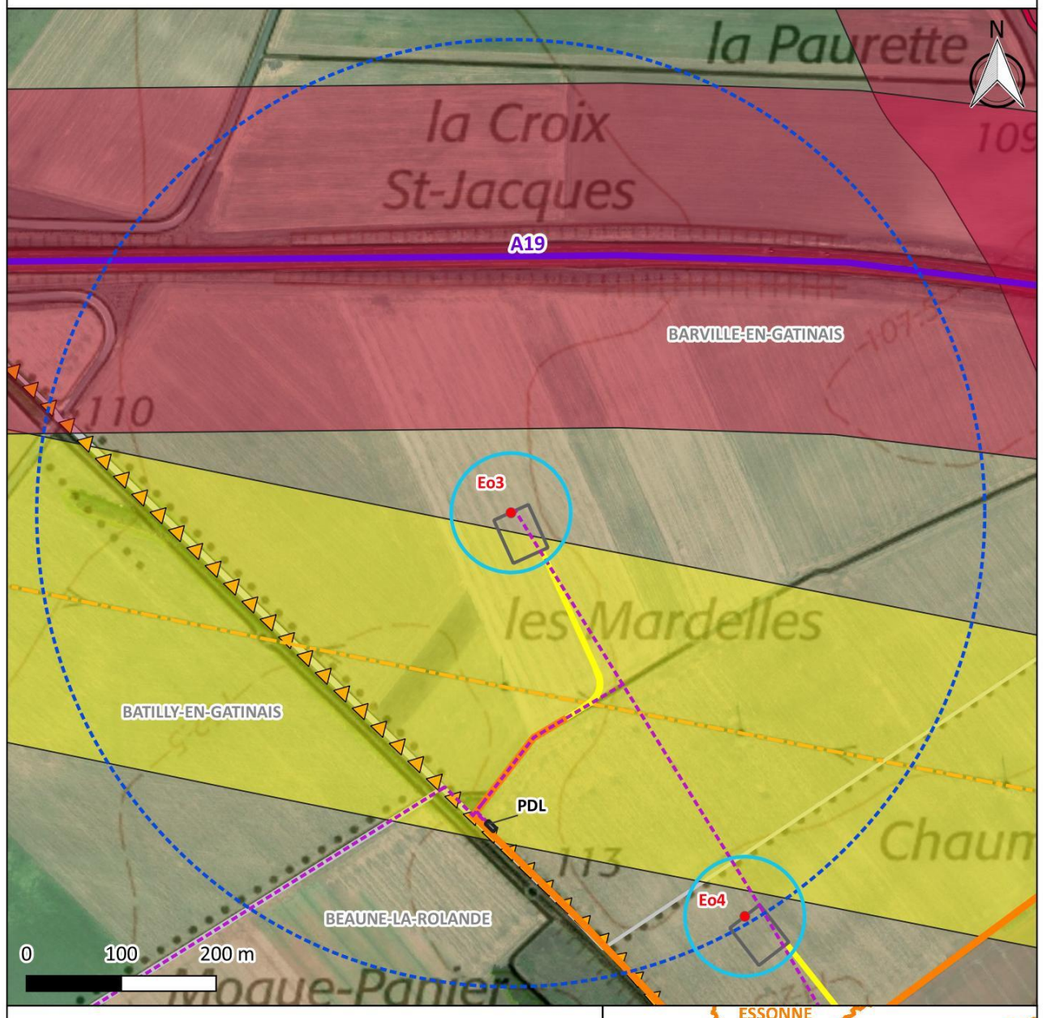
- Limite communale
- **Eoliennes**
  - Eoliennes
  - Zone de survol
  - Aire d'étude - 500 m
- **Aménagements**
  - Plateforme permanente
  - Chemins à renforcer
  - Raccordement électrique interne
- **Urbanisme**
  - Distance de 500 m des habitations
- **Patrimoine archéologique**
  - Entité archéologique
- Emprise supposée d'une entité archéologique
- **Servitudes et réseaux**
  - Ligne électrique - 400 kV
  - Distance de 162 m des lignes électriques
- **Réseau routier**
  - Chemin
  - Voie ferrée abandonnée
- **Autre réseau**
  - FH Bouygues Telecom
  - Distance de 100 m autour du FH

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/5 400

Géoportail IGN2018, DRAC Loiret, Bouygues Telecom, RTE, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo3



Légende

- Limite communale

Eoliennes

- Eoliennes
- Zone de survol
- Aire d'étude - 500 m

Aménagements

- Poste de livraison
- Plateforme permanente
- Chemins d'accès à renforcer
- Chemins d'accès à créer
- Raccordement électrique interne

Servitudes et réseaux

- Ligne électrique - 90 kV
- Distance de 162 m des lignes électriques

Réseau routier

- Autoroute
- Distance de 182 m autour des grands axes routiers
- Route communale
- Chemin

Autre réseau

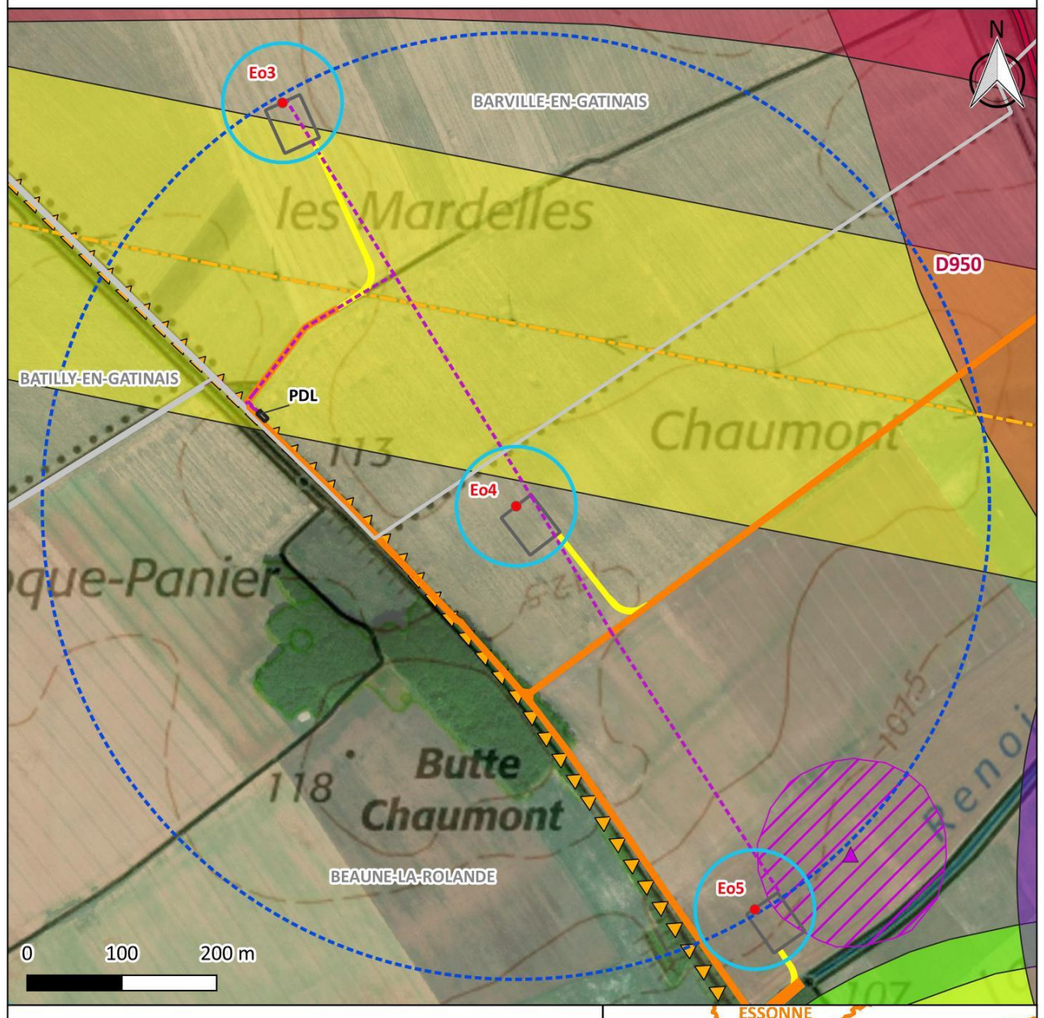
- Voie ferrée abandonnée

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/5 400

Géoportail IGN2018, DRAC Loiret, RTE, Agence territorial de Pithiviers, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo4



Légende

- Limite communale

Eoliennes

- Eoliennes
- Zone de survol
- Aire d'étude - 500 m

Aménagements

- Poste de livraison
- Plateforme permanente
- Chemins d'accès à créer
- Chemins d'accès à renforcer
- Raccordement électrique interne

Urbanisme

- Distance de 500 m des habitations

Patrimoine archéologique

- Entité archéologique
- Emprise supposée d'une entité archéologique

Servitudes et réseaux

- Ligne électrique - 90 kV
- Distance de 162 m des lignes électriques

Réseau routier

- Distance de 182 m autour des grands axes routiers
- Chemin

Autre réseau

- Voie ferrée abandonnée

Site SEVESO

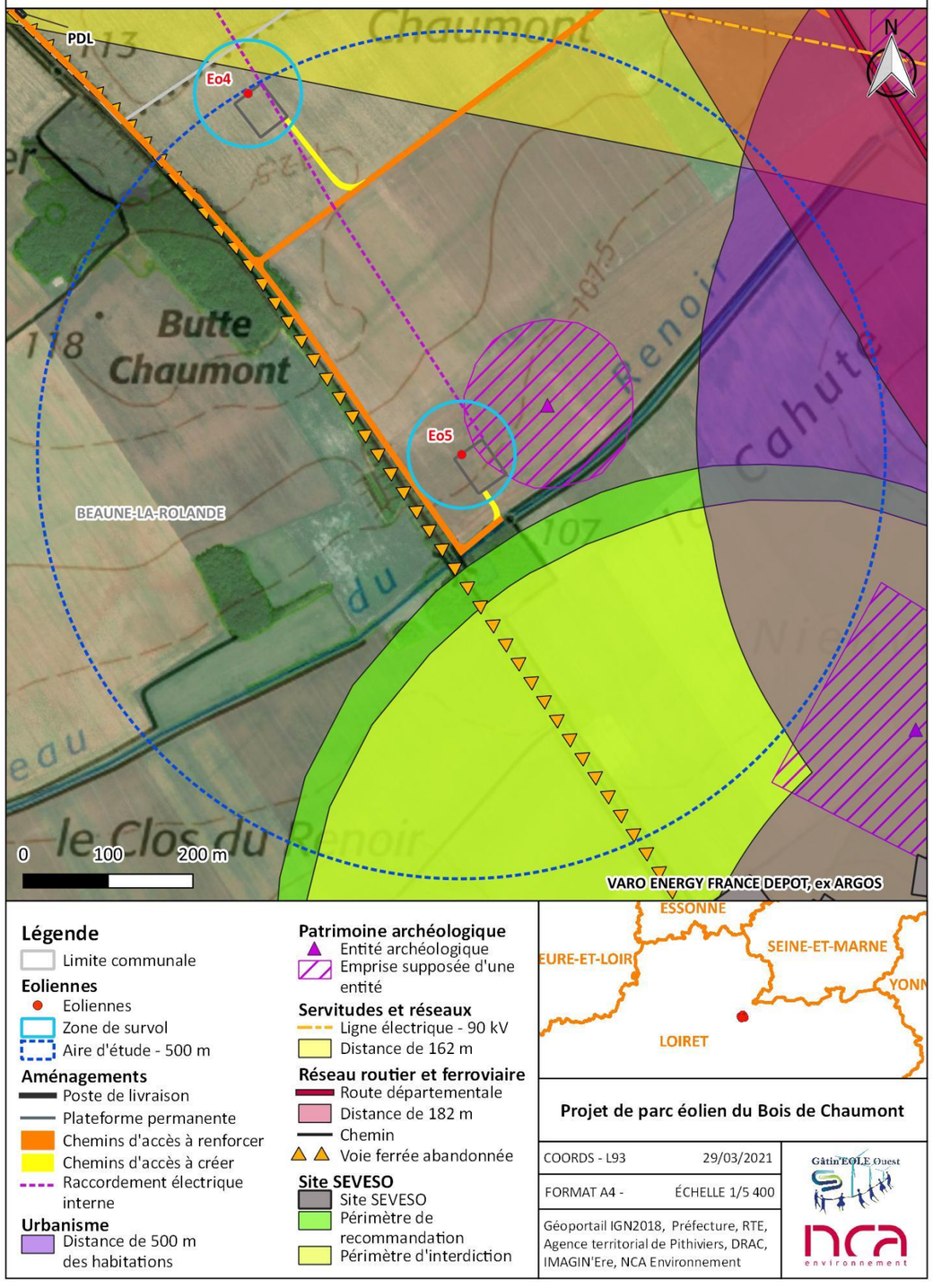
- Périmètre de recommandation
- Périmètre d'interdiction

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93	29/03/2021
FORMAT A4 -	ÉCHELLE 1/5 400

Géoportail IGN2018, DRAC Loiret, RTE, Agence territorial de Pithiviers, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo5



IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DE SON FONCTIONNEMENT

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 (*Paragraphe V* en page 44), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

IV. 1. Caractéristiques de l'installation

IV. 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 IV. 3. 1*) :

- **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** ;
- Une installation de stockage électrique (batteries *etc*) le cas échéant ;
- Une installation de production d'hydrogène le cas échéant ;
- Éventuellement des **éléments annexes**, type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

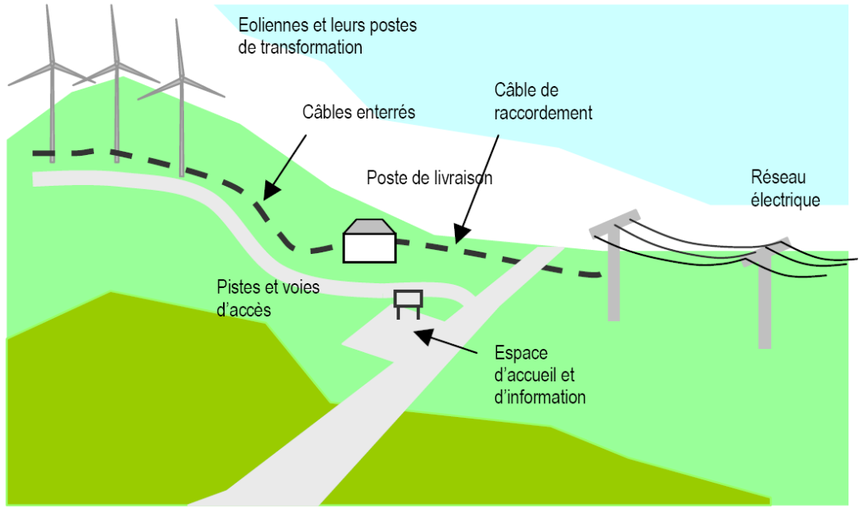


Figure 8 : Schéma descriptif d'un parc éolien
(Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, MEEDDM 2010)

IV. 1. 1. 1. Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens du l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, 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.

Le gabarit pressenti des machines du parc éolien du Bois de Chaumont est l'ENERCON E126. La présente étude se base sur les dimensions de ce modèle.

Toutes les éoliennes qui composent le parc sont de même type, de hauteur égale (162 m en bout de pales maximum) et de matériau et couleur sobres (exemple RAL 7035).

A ce stade de développement les dimensions sont les suivantes :

- **Hauteur du mât :** 97 m ;
- **Hauteur au moyeu :** 99 m ;
- **Hauteur au sens de la réglementation ICPE (mât + nacelle) :** 100 m ;
- **Longueur de pale :** 62 m ;
- **Diamètre du rotor :** 126 m ;
- **Hauteur des machines :** 162 m.

Un aérogénérateur est essentiellement composé des éléments suivants :

- **Un rotor** de 126 m de diamètre maximum, dimensionné suivant le standard IEC classe S. Il est composé de trois pales, un moyeu et de couronnes d'orientation et d'entraînements pour le calage des pales. Les pales du rotor sont fabriquées en matière plastique renforcée de fibres de verre (GFK) à haute résistance. Chaque système pitch (pale) est indépendant.
- **Une tour tubulaire (mât)** généralement composée de 3 à 5 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Elle est couverte d'un revêtement époxy (protection anti-corrosion) et de peinture acrylique. Le mât comporte des plates-formes intermédiaires et est équipé d'une échelle, pourvue d'un système antichute (rail), de plates-formes de repos, et d'un élévateur de personnel. 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.
  Le parc éolien du Bois de Chaumont est conçu avec des mâts hybrides composés de sections en béton préfabriqué et d'une section en acier.
- **Une nacelle** composée d'un châssis en fonte et d'une coquille fabriquée en matière plastique renforcée de fibres de verre, dimensionnés suivant le standard IEC classe S. Elle dispose d'un train d'entrainement, d'une génératrice, d'un système d'orientation, du convertisseur ainsi que d'un transformateur moyenne tension, dans certains cas. Elle abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas, telles que la E82 pressentie) ;
  - le système de freinage mécanique ;
  - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
  - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.
- **Le transformateur moyenne tension** (transformateur MT) et l'installation de commutation moyenne tension (installation MT)

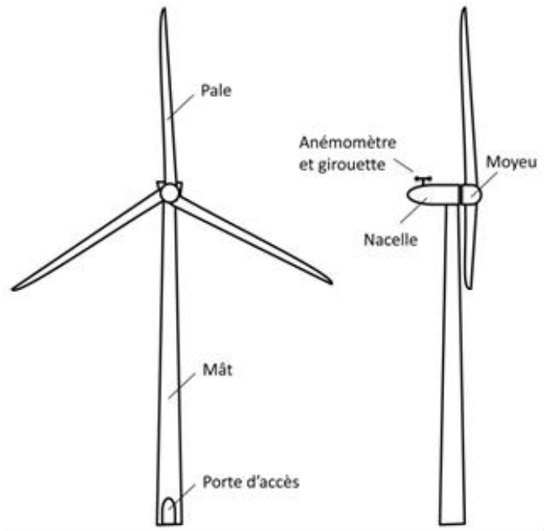


Figure 9 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur
(Source : Trame de l'étude de dangers)

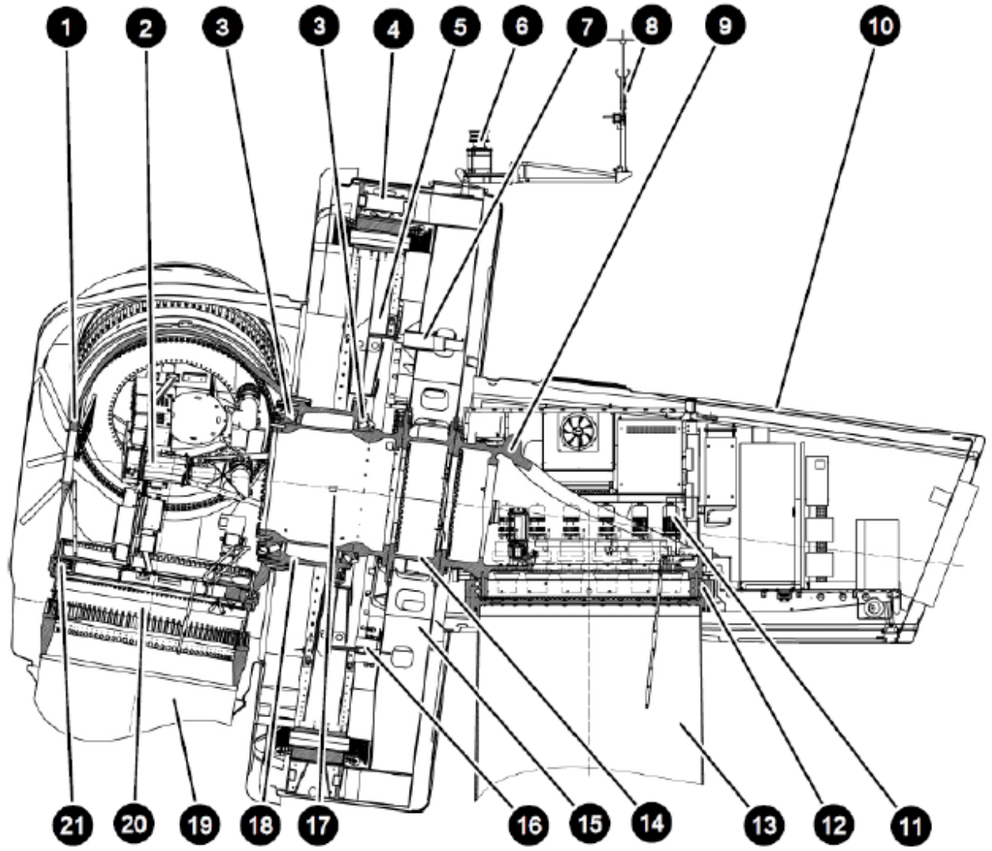
Le rotor

Le rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en mouvement de rotation de l'éolienne.

- **Le moyeu** du rotor est une construction en fonte modulaire et rigide. Le roulement d'orientation de pale et la pale sont montés dessus.
- **Les pales**, d'une longueur maximale de 38,8 m maximum, sont constituées de 2 moitiés collées ensemble. Les pales d'éolienne sont principalement constituées de matériaux composites : fibre de verre, de fibre de carbone, de résine polyester et de résine d'époxy. Le profil aérodynamique des pales résiste bien aux salissures et à la glace, ce qui permet une réduction des pertes de puissance. Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium qui dévie le courant de foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les pales sont fixées au roulement d'orientation du système Pitch à l'aide de boulons en T.
- **Système à pas variable :** chaque pale est commandée et entraînée séparément par un entraînement électromagnétique avec moteur triphasé, un engrenage planétaire et une unité de commande avec convertisseur de fréquence et alimentation électrique de secours. Le système à pas variable est le frein principal de l'éolienne. Les pales se tournent ainsi de 90° pour le freinage, ce qui interrompt la portance et crée une grande résistance de l'air provoquant ainsi le freinage du rotor (frein aérodynamique).

La nacelle

Une vue d'ensemble de la nacelle est présentée en page suivante.



1	Moyeu du rotor	2	Collecteur
3	Palier du rotor	4	Stator du générateur
5	Rotor du générateur	6	Système de feux de balisage (en option)
7	Dispositif de blocage du rotor	8	Anémomètre avec paratonnerre
9	Support principal	10	Habillage de la nacelle
11	Entraînement d'orientation	12	Palier d'orientation
13	Mât	14	Étoile de support du stator
15	Bras de support	16	Frein de rotor
17	Arbre de moyeu	18	Support de rotor
19	Pale de rotor	20	Adaptateur de pale
21	Palier de bride de pale		

Figure 10 : Représentation schématique d'une nacelle type
(Source : ENERCON)

- **La couronne d'orientation :** la direction du vent est mesurée de manière continue à hauteur de moyeu par 2 appareils indépendants. L'un d'entre eux est un appareil ultrasonique. Tous les anémomètres sont chauffés. Si la direction du vent relevée diffère du positionnement de la nacelle d'une valeur supérieure à la valeur limite, la nacelle est réorientée via 3 à 4 entrainements constitués d'un moteur électrique, d'un engrenage planétaire à plusieurs niveaux et de pignons d'entraînement. Les freins d'orientation sont activés.
- **Le train d'entrainement** transmet le mouvement de rotation du rotor à la génératrice. Il est constitué des composants principaux suivants :
  - L'arbre du rotor : il transmet les forces radiales et axiales du rotor au châssis machine. Le roulement du rotor contient un dispositif de verrouillage mécanique du rotor.
  - Un multiplicateur : il augmente la vitesse de rotation au niveau nécessaire pour la génératrice. L'huile du multiplicateur assure non seulement la lubrification mais aussi le refroidissement du multiplicateur. La température des roulements du multiplicateur et de l'huile est surveillée en permanence.
  - Une frette de serrage : elle relie l'arbre de rotor et le multiplicateur.
  - Un coupleur : il compense les décalages entre multiplicateur et génératrice. Une protection contre les surcharges (limitation prédéfinie de couple) est montée sur l'arbre de la génératrice. Elle empêche la transmission de pics de couple qui peuvent avoir lieu dans la génératrice en cas de panne de réseau. Le coupleur est isolé électriquement.
- **La génératrice :** la transformation de l'énergie éolienne en énergie électrique s'effectue grâce à une génératrice asynchrone à double alimentation de 4 500 kW à 50 Hz. Elle est maintenue à une température de fonctionnement optimale grâce au circuit de refroidissement. Son stator est directement relié au réseau du parc éolien et son rotor l'est via un convertisseur de fréquence à commande spéciale.
- **Le transformateur électrique :** installé à l'arrière sur le flanc droit de la nacelle, il permet d'élever la tension de 660 Volts en sortie de la génératrice à 20 000 ou 30 000 Volts dans le réseau inter-éolien. Il remplit les conditions de classe de protection incendie F1.
- **Convertisseur de fréquence :** il est situé à l'arrière de la nacelle. Grace à un système générateur-convertisseur à régime variable, les pics de charge et pointes de surtension sont limités.
- **Circuit de refroidissement :** multiplicateur, génératrice, convertisseur sont refroidis via un échangeur air/eau couplé avec un échangeur eau/huile pour le multiplicateur. Tous les systèmes sont conçus de manière à garantir des températures de fonctionnement optimales même en cas de températures extérieures élevées. La température de chaque roulement de multiplicateur, de l'huile du multiplicateur, des bobinages et des roulements de la génératrice ainsi que du réfrigérant, est contrôlée en permanence et en partie de manière redondante par le système contrôle-commande.
- **Les freins :** l'éolienne est équipée d'un frein aérodynamique disposant de 2 niveaux de freinage. Ce frein est déclenché par rotation des pales. Il peut être couplé à un deuxième système de freinage mécanique disposant également de 2 niveaux de freinage.

Le pied du mât

Le mât est un mât tubulaire cylindrique en acier. L'échelle d'ascension avec son système de protection antichute et les plateformes de repos et de travail à l'intérieur du mât permettent un accès à la nacelle à l'abri de la météo.

Le mât est placé sur une **fondation** de 10 à 18 m de diamètre. La construction des fondations dépend de la nature du sol du site d'implantation prévu. Pour l'ancrage du mât, une cage d'ancrage est bétonnée dans les fondations. Le mât et la cage d'ancrage sont vissés ensemble.

IV. 1. 1. 2. Emprise au sol

Lors de la construction, de l'exploitation, puis du démantèlement du parc éolien, chaque éolienne nécessite la mise en œuvre de différentes emprises au sol, comme schématisé dans la figure ci-après :

- La **surface de chantier** est destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des composants de l'éolienne durant la construction et le démantèlement. Elle est temporaire.
- La **fondation** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes dépendent des caractéristiques de l'éolienne choisie 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 du rotor à 360° par rapport à l'axe du mât.
- La **plateforme** (ou aire de grutage) correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées à l'éolienne. Ses dimensions varient en fonction de l'éolienne choisie et de la configuration du site d'implantation.

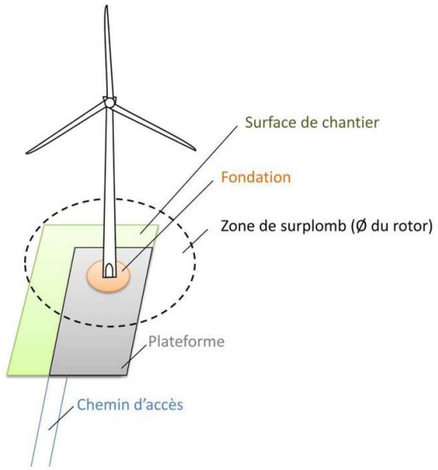


Figure 11 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne
(Source : Guide technique de l'étude de dangers, SER-FEE-INERIS, 2012)

À titre d'illustration, pour une éolienne de hauteur totale de 150 m, le diamètre de la fondation est d'environ 16 m et la surface de la plateforme d'environ 1 500 à 2 500 m².

Les **emprises au sol de chaque éolienne du parc éolien du Bois de Chaumont** sont les suivantes :

- **Surface de chantier temporaire** : 1 050 m² ;
- **Plateforme permanente** : 2 000 m² ;
- **Zone de survol** : cercle de 126 m de diamètre.

IV. 1. 1. 3. Chemins d'accès

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

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

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituants des éoliennes et de 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).

IV. 1. 1. 4. Autres installations

Le projet ne prévoit l'installation d'aucune aire de repos ni de parking d'accès, non existant actuellement.

IV. 1. 2. Activité de l'installation

L'activité principale du futur parc éolien du Bois de Chaumont sera la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) maximale de **100 m maximum**. Cette installation est donc soumise à la rubrique n°2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

IV. 1. 3. Composition de l'installation

Le projet de parc éolien du Bois de Chaumont est composé de 5 éoliennes et d'un poste de livraison (PDL). Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 99 m (soit une hauteur de mât de 100 m au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 126 m maximum, pour une hauteur totale en bout de pale de **162 m maximum**.

La puissance unitaire des éoliennes pressenties est de 3 MW, ce qui permet de projeter un parc éolien d'une puissance totale de **15 MW**.

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

Tableau 14 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien du Bois de Chaumont

Installation	Coordonnées Lambert 93		Coordonnées WGS84		Altitude du terrain en mètres NGF
	X	Y	Latitude	Longitude	
Eo1	654 803	6 776 590	48°05'17.26''	2°23'34.67''	108,8
Eo2	655 112	6 776 161	48°05'03.42''	2°23'49.76''	106
Eo3	655 448	6 777 163	48°05'35.90''	2°24'05.42''	105,3
Eo4	655 707	6 776 744	48°05'22.17''	2°24'17.50''	109,5
Eo5	655 970	6 776 324	48°05'08.42''	2°24'29.83''	104,8
PDL	655 427	6 776 827	48°05'25.07''	2°24'04.77''	-

Les distances inter-éoliennes sont présentées ci-après :

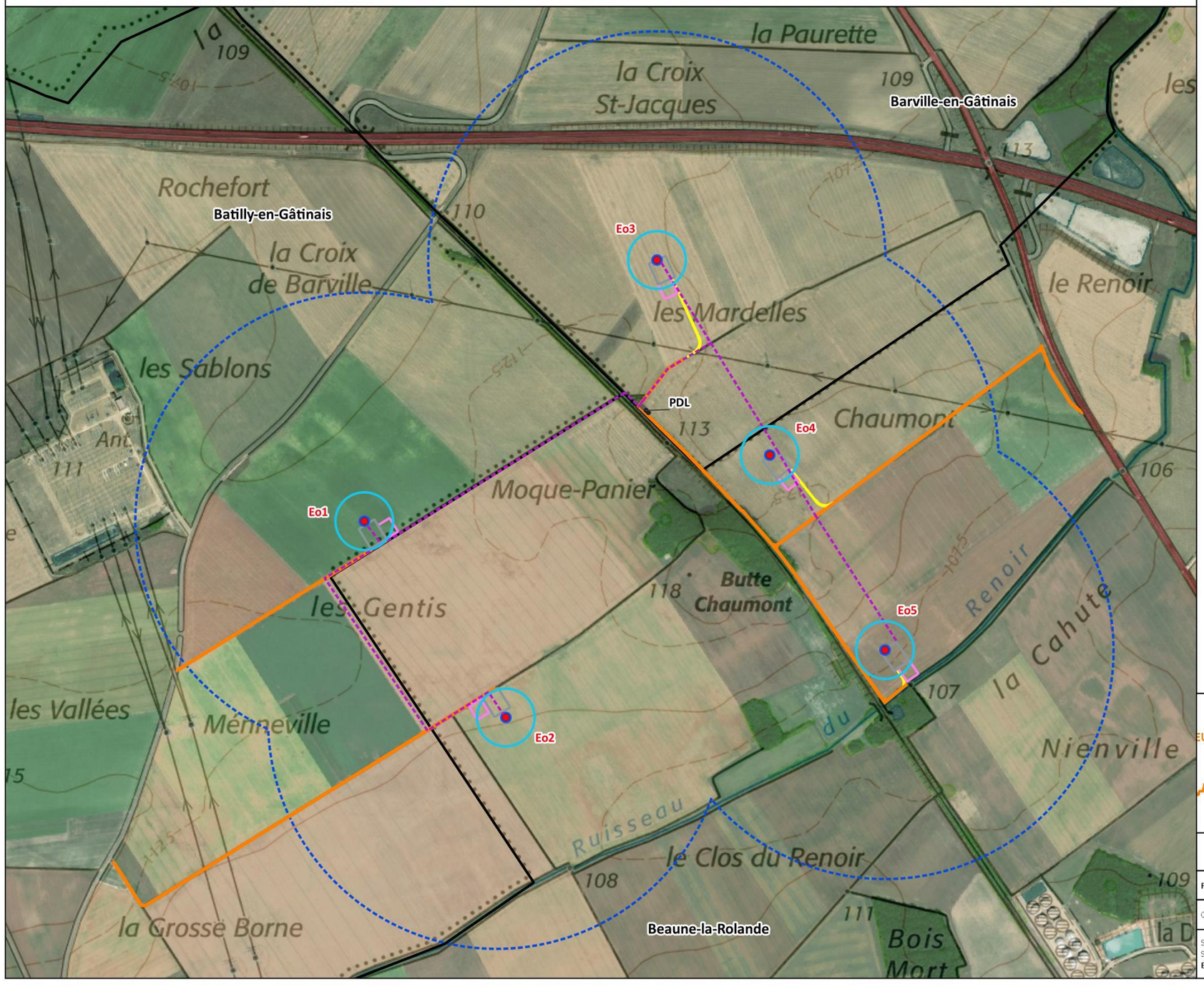
Tableau 15 : Distances inter-éoliennes du parc du Bois de Chaumont

Eoliennes considérées	Distance de centre en centre (en m)
Eo1 à Eo2	529
Eo1 à Eo3	857
Eo1 à Eo4	898
Eo1 à Eo5	1 173
Eo2 à Eo3	1 052
Eo2 à Eo4	814
Eo2 à Eo5	842
Eo3 à Eo4	**492**
Eo3 à Eo5	987
Eo4 à Eo5	495
PDL à Eo3	326
PDL à Eo4	278

La distance entre les éoliennes est donc comprise entre 492 m et 1173 m. La structure de livraison se trouve à 326 m de l'éolienne Eo3 et à 248 m de l'éolienne Eo4.

Un plan détaillé de l'installation, présentant l'emplacement des éoliennes, du poste de livraison, des plateformes, des chemins d'accès et des câbles électriques enterrés, est présenté en page suivante.

Plan des aménagements



N

Légende

- Limite communale
- Zone d'implantation potentielle

Aménagements

- Eoliennes
- Zone de survol
- Poste de livraison
- Fondation
- Raccordement électrique interne

Plateformes

- Plateforme permanente
- Aire de stockage temporaire

Pistes

- Chemins à créer
- Chemins à renforcer

0 250 500 m

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

FORMAT - A3	ECHELLE - 1/8 000
COORDS - L93	DATE - 29/03/2021

Sources : Géoportail - IGN 2018, ESRI Satellite, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

IV. 2. Fonctionnement de l'installation

IV. 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. Dès que le vent atteint 45 à 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kW dès que le vent atteint environ 45-50 km/h. 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 ou 30 000 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, en cas d'urgence ou de maintenance, par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Les éoliennes ENERCON disposent d'un système de contrôle appelé « Mode tempête » leur permettant de fonctionner par vents violents. Sans ce mode tempête, les éoliennes s'arrêteraient quand la vitesse de vent atteint environ 25 m/s. Avec l'activation de ce mode, les éoliennes E-126 EP3 continuent à produire au-delà de 25 m/s. A partir de 24 m/s sur une moyenne de 12 secondes, le système de contrôle réduit progressivement la puissance de l'éolienne jusqu'à atteindre une puissance nulle mais sans se découpler du réseau lorsque la vitesse du vent atteint 30 m/s (moyennée sur 10 minutes). Ce système offre deux avantages : un gain de productible et une influence positive sur la stabilité du réseau électrique grâce à la réduction graduelle de la puissance injectée, évitant ainsi les passages brusques de pleine puissance à puissance nulle. Par ailleurs, pour des vitesses de vent au-delà de 34 m/s moyennées sur 10 min, les éoliennes ENERCON s'arrêtent (découplage du réseau).

IV. 2. 2. Découpage fonctionnel de l'installation

Le tableau suivant permet de recenser tous les éléments du parc éolien du Bois de Chaumont, avec leur fonction et caractéristiques.

Tableau 16 : Découpage fonctionnel du parc éolien du Bois de Chaumont

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	*Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol*	D'environ 4 m d'épaisseur pour un diamètre de 10 à 18 m, elle est composée de béton armé. Elle est constituée soit d'une virole d'ancrage métallique préfabriquée, soit d'une cage d'ancrage, tous deux enchâssés dans un réseau de ferraillage à béton. Le type de fondation mise en œuvre sera déterminé avec précision suite aux résultats de l'étude géotechnique qui sera réalisée avant le démarrage des travaux de construction. Leur dimensionnement prend en compte : le type d'éolienne, la nature des sols, les conditions météorologiques extrêmes et les conditions de fatigue. Elles sont enterrées sous le niveau du sol naturel, par remblaiement avec une partie des matériaux excavés. Le dimensionnement et la construction des fondations sont soumis au Contrôle Technique Obligatoire.
Mât	*Supporter la nacelle et le rotor*	Le mât de l'aérogénérateur est constitué de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur, assemblées entre elles par brides. Il est fixé aux tiges d'ancrage disposées dans la fondation. Sa couleur est blanc grisé (RAL 7035 ou similaire). **La hauteur du mât pour le projet est de 100 m** au sens de la réglementation ICPE (mât + nacelle), et ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée. L'accès au mât se fait par une porte verrouillable en pied d'éolienne. Il abrite une armoire de contrôle, des armoires de batteries d'accumulateurs, les cellules de protection électriques et le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle. Il est doté d'un dispositif d'éclairage assurant un éclairage intégral des plates-formes et de la montée.
Nacelle	*Supporter le rotor* *Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité*	La nacelle, positionnée au sommet du mât, est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre et équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur. Elle abrite un certain nombre d'équipements fonctionnels : générateur (transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique), multiplicateur, système de freinage mécanique, système d'orientation permettant de positionner le rotor face au vent, instruments de mesure de vent, balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.
Rotor / Pales	*Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice*	Le rotor se compose de trois pales, construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. **Son diamètre est de 126 m**. Les pales sont de la même couleur que le mât (disposition réglementaire). Elles pivotent autour de leur axe longitudinal, afin de s'adapter aux conditions de vent. Elles peuvent également se mettre en position « drapeau » (parallèle à la direction du vent) pour assurer un freinage aérodynamique en cas de vitesses de vent élevées, qui peut être suivi du freinage mécanique (système à l'intérieur de la nacelle).
Transformateur	*Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau*	Le transformateur permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur de 690 à 20 000 V ou 30 000 V. Il peut être installé soit dans l'éolienne (pied de mât ou nacelle), soit dans un local à proximité.
Poste de livraison	*Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public*	Le parc éolien du Bois de Chaumont sera équipé d'un seul poste de livraison, auquel chaque éolienne sera reliée par un réseau de câbles souterrains (câbles électriques à 20 000 V, câbles optiques et réseau de mise à la terre). Le poste de livraison est un bâtiment préfabriqué de dimensions L 5 m x l 12 m, pour une surface de 60 m^2, comprenant un poste de livraison

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
		normalisé ENEDIS, un circuit bouchon (filtre électrique) et des systèmes de contrôle du parc. Pour une meilleure intégration dans son environnement, il sera doté d'une finition vert sombre. L'aire de stationnement présente une surface de 60 m².
Câbles souterrains	*Permettent d'acheminer l'électricité depuis les éoliennes jusqu'au réseau de distribution via le poste de livraison*	Câbles enterrés entre 50 et 110 cm de profondeur. Présence d'un grillage avertisseur, réseau borné et repéré. Tension des câbles : 20 000 volts.
Plateforme	*Permet le positionnement des grues nécessaires au levage et à la maintenance*	Empierrement stabilisé pour supporter le poids des grues.

Les périodes de fonctionnement d'une éolienne peuvent être découpées en 4 phases :

- **1,1 à 3 m/s** : un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent.
- **Environ 3 m/s** : le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique.
- **Supérieur à 3 m/s** : la génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent.
- **De 13 à 26 m/s** : l'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales. La plage de fonctionnement est dépendante de la puissance nominale de la turbine. L'éolienne délivre une puissance nominale entre -20°C et +40°C.

Dans des conditions climatiques présentant une température inférieure à -20°C, l'éolienne s'arrête. Elle ne redémarre qu'à partir de -18°C.

IV. 2. 3. Gestion des risques et moyens d'intervention

La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques dans le *paragraphe VII. 6* de l'étude de dangers. Seule une présentation des principales dispositions réglementaires en vigueur en matière de sécurité est fournie ci-après.

Le parc éolien du Bois de Chaumont sera conforme à la réglementation en vigueur concernant les éoliennes terrestres, et notamment aux prescriptions de **l'arrêté ministériel du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, relatives à la sécurité.

IV. 2. 3. 1. Dispositions constructives

Normes et certifications

Conformément à **l'article 8 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, le type d'éolienne implanté sur le parc éolien du Bois de Chaumont sera conforme aux dispositions de la **norme NF EN 61 400-1** dans sa version de juin 2006 ou **CEI 61 400-1** dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne.

Cette norme spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes, tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien.

Par ailleurs, l'exploitant tiendra à disposition de l'Inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre, l'exploitant tiendra à disposition de l'Inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du Code de la construction et de l'habitation.

Les différents types d'éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Aussi, les équipements satisferont à la **norme IEC 61 400-22** (avril 2011), relative aux essais de conformité et certification. Cette norme définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.

Mise à la terre

Comme énoncé dans **l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, l'ensemble de l'aérogénérateur est mis à la terre et respecte **la norme IEC 61 400-24** (version de juin 2010). Plusieurs paratonnerres sont installés sur les pales, la nacelle et le mât.

Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium ou d'un récepteur de foudre de chaque côté de la pointe qui dévie le courant de la foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les opérations de maintenance du système de la mise à la terre incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre. L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Installations électriques

En application avec **l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, les générateurs sont bien conformes à la Directive Machines du 17 mai 2006. Quant aux installations électriques extérieures aux générateur (réseau inter-éolien, poste de livraison), elles respecteront **les normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200**. Les installations électriques seront entretenues et maintenues en bon état et 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.

Balisage lumineux

Conformément à **l'article 11 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, le balisage lumineux du parc éolien nécessaire à la sécurité pour la navigation aérienne est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 23 avril 2018 (abrogeant l'arrêté du 13 novembre 2009) qui indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé.

Champs magnétiques

Conformément à **l'article 6 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, les caractéristiques des machines utilisées sur le parc éolien du Bois de Chaumont permettront d'éviter que les habitations voisines du projet ne soient exposées à un champ magnétique, émanant des éoliennes, supérieur à 100 micro teslas à 50-60Hz. En outre, l'ensemble du réseau électrique enterré est protégé par des gaines limitant la diffusion des ondes.

Des mesures ont été effectuées par le groupe EMITECH, en 2014, sur un parc éolien afin de déterminer le niveau de champ magnétique basse fréquence. Il s'est avéré qu'à une distance de 500 m d'une éolienne, le champ magnétique mesuré était de 0,003 micro teslas. Le niveau maximal qui a été relevé est de 0,093 micro teslas, soit 1 075 fois inférieur à la limite « public ».
A titre de comparaison, la valeur caractéristique de l'intensité du champ magnétique d'un aspirateur à 3 cm est de l'ordre de 200 à 800 micro teslas *(Source : Office fédéral de protection contre les rayonnements, Allemagne).*

IV. 2. 3. 2. Autres dispositions à mettre en œuvre en phase exploitation

Accès aux installations

Les personnes étrangères au site n'auront pas accès à l'intérieur des éoliennes, ces dernières étant fermées à clef tout comme le poste de livraison (cf. **article 13 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020).

Défense incendie

Conformément **aux articles 7, 23 et 24 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020**, un parc éolien doit mettre en œuvre un dispositif de lutte contre l'incendie, qui comprend :

- Un **système de détection** d'incendie (*Figure 12*) et d'entrée en survitesse de l'éolienne. Il permet d'alerter à tout moment l'exploitant ou un opérateur désigné en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse. Ces systèmes de détection fixés dans la partie supérieure des armoires électriques et sur le toit de la nacelle se déclenchent lorsqu'un capteur de fumée détecte de la fumée et/ou lorsque le capteur de température détecte un dépassement des seuils de température définis. Ils feront l'objet de vérifications lors des phases de maintenance notamment. ;
- Un **système d'alarme** couplé au système de détection mentionné ci-dessus. Chaque éolienne sera équipée de plusieurs systèmes ;
- Des **moyens de lutte contre l'incendie.** En respect des normes en vigueur, au moins deux extincteurs portatifs à poudre destinés à combattre les débuts d'incendies seront installés au pied du mât et dans la nacelle**.**
- La **présence d'une voie d'accès carrossable** entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.
- **L'interdiction d'entreposage** à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables.

Le système sera conforme à la réglementation en vigueur.

Rappelons en outre que la majeure partie de l'éolienne est constituée de matériaux non inflammables (mât en acier et fondation en béton, machines, freins, génératrice (…) en métal), et que les seuls composants inflammables sont les pales du rotor et la cabine (matière plastique renforcée de fibres de verre), les câbles et petites pièces électriques, les huiles mécaniques (combustibles mais non inflammables), les tuyaux et autres petites pièces en matière plastique et les accumulateurs.

Figure 12 : Exemples de dispositifs de détection d'arc, de température et de fumée
(Source : SIEMENS Gamesa)

Consignes de sécurité

Le fournisseur des machines s'engagera à mettre en place et porter à connaissance du personnel les consignes de sécurité nécessaires telles que définies dans **les articles 14 et 22 de l'arrêté du 26 août 2011** :

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
- 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.

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 sable, incendie ou inondation.

En application avec **l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020**, l'exploitant s'engagera également à former son personnel sur les consignes de sécurité du site et sur les risques que présente l'installation, les moyens mis en œuvre pour les éviter et les procédures d'urgence à appliquer.

Un affichage des prescriptions à observer par les tiers doit être visible sur un panneau d'information sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur les postes de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement.
Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur et du poste de raccordement ou de livraison doivent être maintenus fermés à clé, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Les agriculteurs exploitants situés dans la zone de portée seront informés des consignes de sécurité et des numéros de services d'urgence à contacter en cas de besoins. Les communes concernées devront prendre en charge la prévention et la sécurité lors de la présence occasionnelle de groupes de personnes (centres de loisirs, groupes scolaires…).
Les équipements de sécurité des éoliennes, tels que les systèmes de contrôle de survitesse, le dispositif d'arrêt d'urgence, le système de protection contre la foudre, les capteurs, etc. font l'objet de vérifications de maintenance particulières selon des protocoles définis par les constructeurs et suivis dans le cadre du système qualité de l'exploitant.

Figure 13 : Panneau d'informations afin de prévenir la population
(Source : NCA Environnement)

Détection de formation de glace

Dans le cas de conditions climatiques extrêmes (fraicheur et humidité importantes), de la glace peut se former sur les pales de l'éolienne.
Afin d'éviter la projection de glace et pour garantir un bon fonctionnement des installations, les constructeurs mettent en place des systèmes de contrôle du givre et ce, conformément à **l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

Chaque généralisateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur sera mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 min. L'exploitant définira une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales.

Lorsqu'un référentiel technique, permettant de déterminer que l'importance de la glace formée nécessite l'arrêt de l'aérogénérateur, sera reconnu par le Ministre des installations classées, l'exploitant respectera les règles prévues par ce référentiel.

Des panneaux d'informations sur la possibilité de formation de glace seront également implantés sur les chemins d'accès aux machines.

IV. 2. 4. Organisation des moyens de secours

IV. 2. 4. 1. Moyens d'alerte

En cas d'incident, un système de détection permet d'alerter à tout moment l'opérateur. Ce dernier peut alors transmettre l'information aux services d'urgence compétents les plus proches dans un délai inférieur à 15 minutes.

En effet, l'éolienne est équipée d'un grand nombre de capteurs. Par mesure de sécurité, la totalité de ceux pouvant avoir un impact sur l'intégrité structurelle de la turbine sont redondants. Les capteurs concernés sont par exemple les capteurs de température, de vitesse de vent, de vitesse de rotation…

Ainsi, l'exploitation des éoliennes du parc du Bois de Chaumont ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien est entièrement automatisé et contrôlé à distance.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres.
Sur un moniteur de contrôle placé au niveau des postes électriques de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

Les installations sont équipées d'un système de surveillance à distance, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. L'entreprise chargée de la maintenance a la tâche de surveiller le SCADA 24 h/24 et de déclencher les interventions nécessaires. Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Le seul inconvénient est qu'il faut donner l'information à chacune des éoliennes du parc. Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine. Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

Par ailleurs, le système de contrôle de commande des éoliennes est relié par fibre optique aux différents capteurs en forme d'anneau**. En cas de rupture de la fibre optique** entre deux éoliennes, la transmission peut s'effectuer directement dans le sens inverse et permettre ainsi de garantir une communication continue avec les éoliennes.

Les câbles de fibre optique sont soufflés dans des fourreaux PEHD 50mm étanche et résistant à la pression, noir à marquage vert, enterrés à 80cm de profondeur. Un grillage avertisseur vert est placé en surplomb à 30cm sous terre pour prévenir des arrachements.

Les détections d'anomalie et les points d'alerte sont reliés en temps réel via un système d'alarme sur les téléphones portables du personnel d'astreinte (appel téléphonique généré). Celui-ci peut alors faire intervenir les services compétents dans les meilleurs délais.

Au moment de la mise en service du parc éolien, l'exploitant transmettra au **SDIS 45** les informations suivantes : plans des installations, coordonnées du personnel d'astreinte, moyens d'accès.

IV. 2. 4. 2. Moyens d'intervention sur site

Comme indiqué précédemment, des extincteurs adaptés aux feux d'origine électrique seront installés près des transformateurs et dans chaque éolienne. Ces extincteurs pourront notamment être utilisés par les équipes de maintenance si un départ de feu a lieu durant leur présence sur site.

Le personnel intervenant sur le parc éolien et dans les éoliennes plus particulièrement, est formé à l'utilisation des dispositifs de secours et d'évacuation. Lorsqu'une personne non formée à ces dispositifs doit intervenir sur les éoliennes, cette dernière est systématiquement accompagnée par un nombre adéquat de personnes formées.

Les dispositifs d'évacuation sont constitués d'une porte en pied de mât (manœuvrable de l'intérieur) et d'une trappe à l'intérieur de la nacelle.

À l'intérieur du mât, en cas de coupure de courant, un éclairage de sécurité conforme à la réglementation en vigueur sera prévu, afin d'assurer l'évacuation des personnes en cas de besoin.

En cas d'incident, un périmètre de sécurité sera délimité dans un rayon de 500 m de l'éolienne. Les voies d'accès au parc et en pied de chaque éolienne seront utilisables par les services d'incendie et de secours, conformément à **l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

IV. 2. 4. 3. Numéros d'urgence et premiers secours

Des panneaux de signalisation rappelant les consignes de sécurité, les numéros d'urgence et les coordonnées du service de maintenance, seront placés sur les voies d'accès au site et à l'entrée des différents équipements (mâts et postes de livraison). Le personnel de maintenance disposera d'un téléphone portable utilisable sur le site en cas de nécessité.

Les numéros utiles pour alerter les secours en cas d'urgence qui seront indiqués sont notamment :

- SDIS 45 (Pompiers) : 18 /112
- SAMU : 15
- Police secours : 17

IV. 2. 5. Opérations de maintenance de l'installation

L'entretien des éoliennes est réalisé par le constructeur, qui dispose de toute l'expertise, des techniciens formés, de la documentation, des outillages et des pièces détachées nécessaires. Il fait l'objet d'un contrat d'une durée de 5 à 15 ans. L'objectif de cet entretien est le maintien en état des éoliennes pour la durée de leur exploitation, soit 20 ans minimum, avec un niveau élevé de performance, de fiabilité et de disponibilité, et dans le respect de la sécurité des intervenants et des riverains.

Le plan d'entretien est rédigé par l'exploitant sur la base des recommandations du constructeur et dans le respect de la réglementation ICPE. Chaque fabricant d'éoliennes construit ses matériels selon les normes européennes en vigueur et respecte en particulier la norme IEC 61 400-1 définissant les besoins pour un plan de maintenance.

Chaque intervention sur les éoliennes ou sur leurs périphériques fait l'objet de l'arrêt du rotor pendant toute la durée des opérations.

Pour ces opérations de maintenance, une équipe de techniciens spécialisés interviendra sur site.

IV. 2. 5. 1. Mise en route

Comme prévu dans **l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, 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.

IV. 2. 5. 2. Maintenance préventive

Selon la définition de l'AFNOR, la maintenance préventive est exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits, et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

Conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011, l'entretien préventif est réalisé au cours de deux visites annuelles au cours desquelles les éléments suivants sont vérifiés :

- État des structures métalliques (tours, brides, pales) et serrage des fixations ;
- Lubrification des éléments tournants, appoints d'huile au niveau des boîtes de vitesse ou groupes hydrauliques ;
- Vérification des éléments de sécurité de l'éolienne, dont l'arrêt d'urgence, la protection contre les survitesses, la détection incendie ;
- Vérification des différents capteurs et automates de régulation ;
- Entretien des équipements de génération électrique ;
- Tâches de maintenance prédictive : surveillance de la qualité des huiles, état vibratoire...
- Propreté générale.

IV. 2. 5. 3. Maintenance prédictive

La maintenance prédictive (ou prévisionnelle) est une maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation d'un bien[1].

Afin d'optimiser les conditions d'exploitation et de réduire les coûts associés à des arrêts de production non programmés, l'exploitant met en place un programme de maintenance prédictive, allant au-delà des prescriptions usuelles du constructeur.
Cette anticipation de pannes est faite par la surveillance des paramètres d'exploitation des éoliennes, tels que les températures des équipements, l'analyse en laboratoire des lubrifiants et l'analyse des signatures vibratoires de certains équipements tournants. Ainsi, lorsqu'un paramètre dévie de sa plage normale de fonctionnement, l'exploitant déclenche une opération de maintenance ciblée sur le problème détecté, sans qu'une panne n'ait arrêté l'éolienne.

Les opérations de maintenance prédictive concernent les systèmes électriques et mécaniques, le resserrage des fixations, le changement des liquides de lubrification, réglage des paramètres de contrôle, diverses inspections visuelles…

IV. 2. 5. 4. Maintenance corrective

La maintenance corrective est une maintenance exécutée après détection d'une panne, et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise[1].
Tout au long de l'année, des interventions sont déclenchées au besoin en cas de dysfonctionnement ou lorsqu'un équipement tombe en panne (remplacement d'un capteur défaillant…). Le centre de surveillance envoie une équipe

[1] Définition issue de la norme NF EN 13306 X 60-319

de maintenance après l'avoir avertie de la nature de la panne observée et des éléments probables pouvant contribuer à la panne.

IV. 2. 5. 5. Contrôles réglementaires périodiques

S'agissant d'une installation classée, l'exploitant s'assure également de la conformité réglementaire du parc au regard de la sécurité des travailleurs et de l'environnement. Il fait contrôler par un organisme indépendant agréé le maintien en bon état des équipements électriques, des moyens de protection contre l'incendie, des protections individuelles et collectives contre les chutes de hauteur, des moyens de levage, des élévateurs de personnes et des équipements sous pression.
Le matériel de lutte contre l'incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

En fin de construction, des essais sont planifiés avant mise en service effective, afin de vérifier les réglages. L'état fonctionnel de ces équipements de mise à l'arrêt sera ensuite testé au minimum une fois par an. Cette opération est intégrée au plan de maintenance du fournisseur des machines.

Par ailleurs, l'exploitant réalisera ou fera réaliser les différents types de contrôle prévus à **l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 : brides de fixations, brides de mât, fixation des pales, visuel. Ces derniers devront être effectués dans un délai de 3 mois et 1 an après la mise en service, puis au minimum tous les 3 ans.

Un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité sera également planifié tous les ans. Le plan de maintenance intégrera l'ensemble de ces contrôles. Les rapports de contrôle seront tenus à disposition de l'inspection des installations classées.

IV. 2. 6. Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à **l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien du Bois de Chaumont, à Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande.

Le fonctionnement d'un parc éolien produit une faible quantité de déchets, principalement issus des opérations de maintenance des équipements. Les déchets générés par cette activité sont de type :

- Huiles usagées (environ 25% du total),
- Chiffons et emballages souillés (environ 30% du total),
- Piles, batteries, néons, aérosols, DEEE[2] (environ 5% du total),
- Déchets industriels banals : ferrailles, plastiques, emballages, palettes bois (environ 40%).

L'ensemble des déchets générés par les opérations de maintenance fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un traitement dans une filière adaptée à leur nature.

La quantité approximative produite est d'environ 190 kg par éolienne et par an, soit **950 kg par an** pour le parc éolien du Bois de Chaumont.

[2] Déchets d'équipements électriques et électroniques.

IV. 2. 7. Dispositions contre le bruit

Des études ont été réalisées afin de s'assurer que le parc éolien du Bois de Chaumont ne dépassera pas les valeurs d'émergences réglementaires. ***Le paragraphe ci-dessous est un extrait de la conclusion de l'étude acoustique.***

« Les émergences globales au droit des habitations sont calculées à partir de la contribution des éoliennes (pour des vitesses de vent allant de 3 à 10 m/s) et du bruit existant déterminé à partir des mesures in situ (selon les analyses L_{50} / vitesse du vent). Une configuration est calculée à partir de deux modèles d'éolienne ENERCON E126 3 MW 99 m et 116 m de hauteur de nacelle.

L'analyse prévisionnelle ne montre aucun risque de dépassement des seuils réglementaires en période de jour au droit des habitations riveraines du projet.

En revanche, elle montre des risques de dépassement des seuils réglementaires en période de nuit au droit de certaines habitations riveraines au projet, pour des vitesses de vent standardisées de 6 à 7 m/s.

Par conséquent, une mesure de réduction d'impact acoustique est proposée avec la mise en place d'un plan de fonctionnement optimisé. Il s'agit de brider une partie des éoliennes en période de nuit, pour des vitesses de vent standardisées comprises entre 6 et 7 m/s.

Il n'apparaît pas de tonalité marquée au droit des habitations riveraines du projet pour le type d'éolienne utilisé pour le projet éolien du Bois de Chaumont.

Dans le périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2 de l'arrêté du 26 août 2011, les niveaux de bruit sont bien inférieurs aux seuils réglementaires fixés pour les périodes de jour et de nuit qui sont respectivement de 70 et 60 dB(A).

Aucun projet connu au sens de la réglementation n'étant situé à proximité du projet éolien du Bois de Chaumont, les effets cumulés sont nuls.

Avec ou sans la mise en œuvre du projet, l'ambiance sonore générale restera caractéristique d'un environnement rural où les principales sources de bruit sont les activités humaines, agricole et les axes de transport plus ou moins fréquentés ».

En conclusion, l'analyse acoustique prévisionnelle fait apparaître que les seuils réglementaires admissibles seront respectés, en considérant les modes de fonctionnement définis, pour l'ensemble des zones à émergence réglementée concernées par le projet éolien, quelles que soient les périodes de jour ou de nuit et les conditions (vitesse et direction) de vent.

IV. 3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

IV. 3. 1. Raccordement électrique

Le raccordement électrique des éoliennes au réseau public de distribution, permettant l'utilisation de l'électricité produite par le parc éolien, est composé de deux parties distinctes (cf. *Figure 146*) :

- Le raccordement des éoliennes entre elles et au poste de livraison privé (réseau interne) ;
- Le poste de livraison sera directement raccordé au réseau électrique public de distribution géré par la SICAP.

Le premier est un réseau local privé, tandis que le second relève du domaine public.

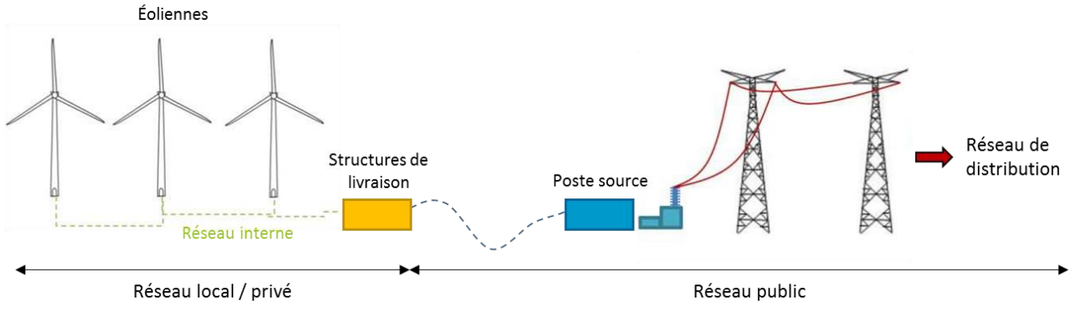


Figure 14 : Schéma de principe de raccordement du parc éolien au réseau public
(Source : d'après Guide technique de l'étude de dangers, SER-FEE-INERIS, 2012)

IV. 3. 1. 1. Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien (ou réseau interne) permet de relier le transformateur[3] au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie l'éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne du parc éolien, ils sont tous enfouis à une profondeur d'au moins 110 cm de profondeur.

Le réseau inter-éolien du parc éolien du Bois de Chaumont représente une longueur de 2 737 ml.

Une carte du raccordement interne du parc éolien est présentée en pages suivantes.

IV. 3. 1. 2. Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison. Il est également possible de se raccorder directement sur un poste source qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

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

Comme indiqué précédemment, le parc éolien du Bois de Chaumont sera équipé **d'un seul poste de livraison**. Il s'agit d'une structure préfabriquée, de 60 m². L'aire de stationnement présente une surface de 60 m².

IV. 3. 1. 3. Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Comme pour le réseau interne, le câblage du réseau externe est entièrement enterré.

Les conditions de raccordement sont définies par le gestionnaire du réseau public d'électricité, qu'il s'agisse de la SICAP, d'Enedis, RTE ou de régies locales, dans le cadre d'un contrat de raccordement, dans lequel sont définies les conditions techniques, juridiques et financières de l'injection de l'électricité produite par le parc sur le réseau, ainsi que du soutirage. La solution de raccordement et son tracé ne peuvent être déterminés qu'à l'issue de l'obtention de l'Autorisation Environnementale. Dans le cadre de la procédure d'approbation d'ouvrage, ENEDIS et/ou la SICAP consultera l'ensemble des services concernés par le projet de raccordement.

Les travaux de raccordement seront définis et réalisés par la SICAP, qui en est le Maître d'Œuvre et le Maître d'Ouvrage, et financés par le porteur de projet Gâtin'EOLE Ouest, dans le cadre d'une convention de raccordement légal.

Dans la mesure où la procédure de raccordement n'est lancée réglementairement qu'une fois l'Autorisation Environnementale accordée, le tracé du raccordement n'est pas déterminé à ce stade du projet et seules des hypothèses peuvent être avancées, privilégiant le passage en domaine public.

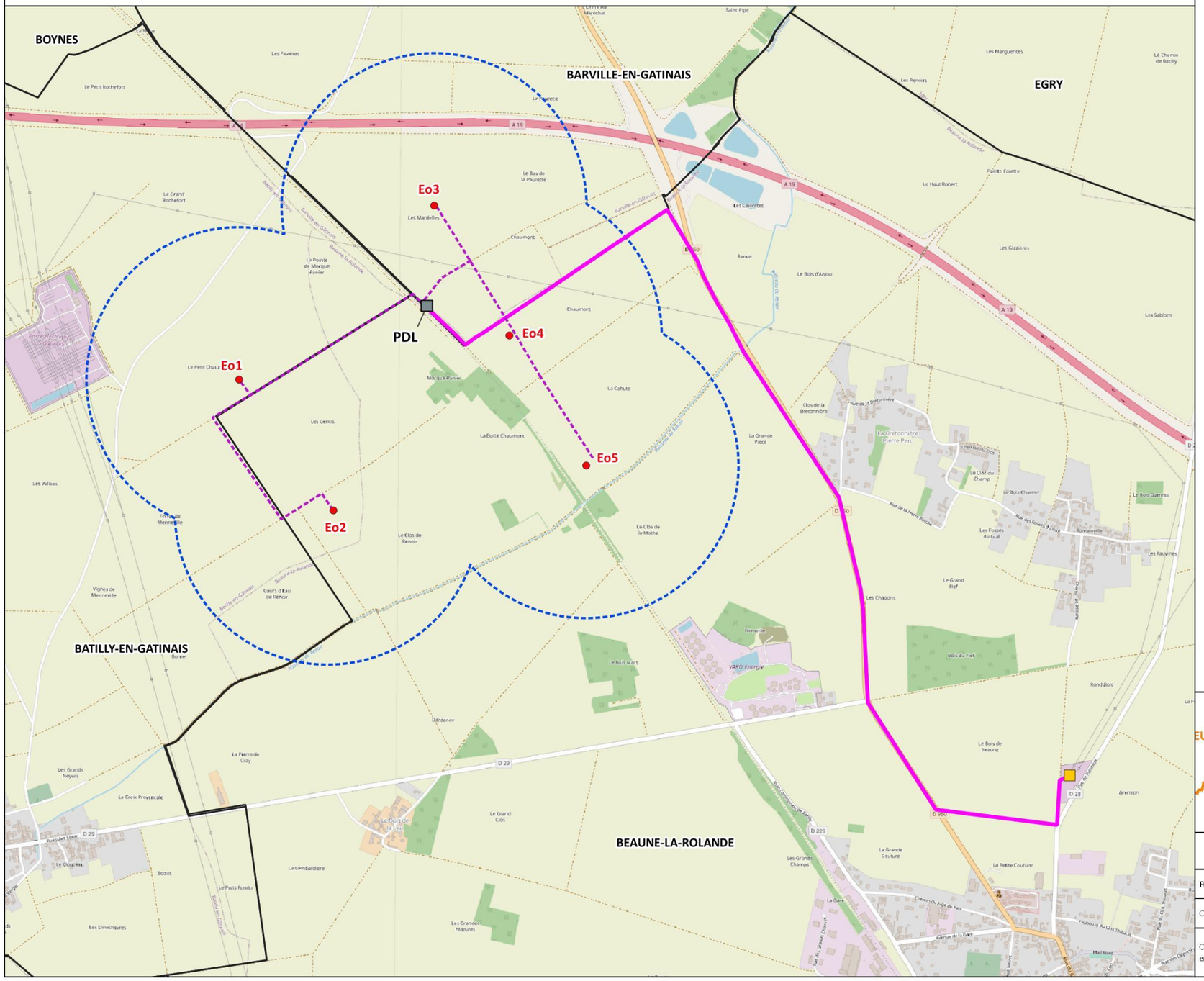
Cependant, il peut être supposé que le Parc éolien du Bois de Chaumont sera raccordé sur **le poste de Beaune-la-Rolande**. L'hypothèse de tracé du raccordement, d'une distance de près de 3,8 km au sud-est, est présentée dans la carte en page suivante.

IV. 3. 1. Autres réseaux

Le parc éolien envisagé sur les communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande 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.

[3] Généralement intégré à la nacelle ou au mât de la machine.

Raccordement interne et hypothèse de tracé du raccordement externe



N

Légende

- Limite communale
- Zone d'implantation potentielle

Aménagements

- Eoliennes
- Poste de livraison
- Raccordement électrique interne
- Hypothèse de tracé du raccordement électrique externe
- Poste source de Beaune-Barville

0 250 500 m

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

FORMAT - A3	ECHELLE - 1/12 000
COORDS - L93	DATE - 29/03/2021
Open Street Map, IMAGIN ERE, NCA environnement	

,

V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

Ce chapitre 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

La génération électrique à partir de l'énergie du vent ne consomme pas de matières premières et ne génère pas d'émission atmosphérique ni d'effluent dangereux pour l'environnement.

Le bon fonctionnement de l'éolienne nécessite néanmoins la présence de produits dans l'éolienne, tels que graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage, etc. Une fois usagés, ces produits sont traités en tant que déchets industriels spéciaux.

Les activités de maintenance utilisent également des produits : solvants, dégraissants, nettoyant et produisent des déchets industriels spéciaux (chiffons souillés, …) ou banals (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage…).

Conformément à **l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans un aérogénérateur ou un poste de livraison.

Par ailleurs, **les articles 20 et 21** stipulent que les déchets générés par l'exploitation seront traités et si possible valorisés dans des centres adéquats. Aucun déchet ne sera brûlé à l'air libre.
Le suivi de la traçabilité est assuré grâce à l'émission de bordereaux de suivi de déchets (BSD).

V. 1. 1. Inventaire des produits utilisés

Une liste des produits potentiellement utilisés pour une éolienne (ici du constructeur NORDEX) est fournie dans le tableau suivant.

Tableau 17 : Inventaire des déchets

(Source : NORDEX)

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement / Génératrice, / Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 300	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 12 kg	-
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	-
Roulement du rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation des pales	Fuchs Gleitmo 585K	Graisse	Approx. 35 kg	-
Boite de vitesse du système d'orientation des pales	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Boite de vitesse du système d'orientation de la nacelle	Mobil SHC 629	Huile synthétique	4 x 27 L	-
Roulements du système d'orientation de la nacelle	Fuchs Gleitmo 585K	Graisse	13 kg	-
Transformateur	-	-	-	-

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).
L'exploitant apportera des détails sur ces produits au moment de la mise en service de l'installation.

V. 1. 2. Dangers des produits utilisés

Les risques associés aux différents produits concernant le projet de parc éolien du Bois de Chaumont sont :

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

Le classement des substances utilisées sur le site sera conforme à l'arrêté du 20 avril 1994 modifié en janvier 2009 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances.

Les produits seront présents en quantité restreinte sur le site.

Compte tenu de la nature des matières stockées sur le site et de leur quantité, aucune précaution particulière ne sera prise. Il n'y a pas de problèmes d'incompatibilité des produits entre eux ou bien vis-à-vis des matériaux utilisés pour leur stockage.

Le guide technique préconise qu'au vu de la nature et des volumes des produits présents dans les aérogénérateurs, l'exploitant pourra se limiter à une description générale des produits utilisés et des dangers associés.

V. 2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du Bois de Chaumont sur les communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande sont de **cinq types** :

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, *etc.*) ;

- Projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, *etc.*) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Échauffement de pièces mécaniques ;
- Court-circuit électrique (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

Tableau 18 : Dangers potentiels liés au fonctionnement du parc éolien

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

V. 3. Réduction des potentiels de dangers à la source

Dans ce paragraphe, il s'agit d'étudier d'une part, la possibilité de supprimer ou de substituer aux procédés et aux substances dangereuses, à l'origine des phénomènes redoutés et dangers potentiels identifiés précédemment, des procédés ou substances présentant des dangers moindres ; et d'autre part, la possibilité de réduire le potentiel de danger présent sur site, sans augmenter le risque par ailleurs.

V. 3. 1. Principales actions préventives

Au cours de la conception du projet, l'exploitant a orienté ses choix techniques selon 2 axes principaux, pour réduire les potentiels de dangers et garantir une sécurité optimale de l'installation.

V. 3. 1. 1. Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée à environ 1 250 L par éolienne et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.
Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans la nacelle, ne nécessite pas de bac de récupération lorsqu'un système sec est utilisé, il ne nécessite donc l'usage d'aucun lubrifiant. Lorsqu'un transformateur à huile est utilisé, la nacelle et la plateforme supérieure du mât sont conçues pour collecter les éventuelles fuites.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site lors des phases de renouvellement.

V. 3. 1. 2. Réduction des dangers liés aux installations

Emplacement des installations

Au cours de la conception du projet éolien du Bois de Chaumont à Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande, plusieurs distances d'implantation ont été considérées, pour des raisons techniques, sécuritaires et réglementaires :

- **500 m** vis-à-vis des premières habitations et des zones urbanisables ;
- **182 m** vis-à-vis du réseau routier ;
- **162 m** vis-à-vis des lignes électriques.

Comme le montrent les cartographies de synthèse au *Paragraphe III. 4. 2* en page 28, l'aire d'étude n'intègre pas de forts enjeux humains ni matériels. **Les distances considérées permettent de réduire à la source les potentiels dangers liés au fonctionnement de l'installation.**

Caractéristiques des éoliennes

Comme indiqué précédemment, le projet de parc éolien du Bois de Chaumont est composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de mât maximale de 100 m au sens de la réglementation ICPE et un diamètre de rotor de 126 m, soit une hauteur totale en bout de pale de 162 m.

Chacun possède des équipements de sécurité en série, répondant à des standards et des normes. Les évolutions technologiques des dernières années ont notamment permis d'optimiser ces équipements et de limiter les risques.

Les caractéristiques des éoliennes choisies permettent également de réduire à la source les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.

V. 3. 2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 2010/75/UE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

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

Entrée en vigueur le 7 janvier 2011, **la directive 2010/75/UE** du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles et à la prévention et réduction intégrées de la pollution, dite « Directive IED », constitue une refonte de la directive IPPC. Elle en renforce les principes directeurs et encadre de manière plus

étroite la mise en œuvre. Elle s'applique aux activités industrielles à potentiel majeur de pollution, définies à l'annexe I de la directive.

En droit français, l'ordonnance n°2012-7 du 5 janvier 2012 porte transposition du chapitre II de la directive IED et crée dans la partie législative du Code de l'environnement une nouvelle section concernant uniquement les installations visées par l'annexe I (appelées installations IED). Cette section regroupe les principes généraux applicables et prévoit l'identification des installations visées au sein de la nomenclature des installations classées (rubriques 3000).

L'article L.515-28 du Code de l'environnement, ainsi créé, introduit le principe de mise en œuvre des **meilleures techniques disponibles** (MTD).

Les installations éoliennes ne sont pas classées sous les rubriques 3000 de la nomenclature des ICPE et ne sont pas soumises à cette directive.

VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

VI. 1. Objectif de l'accidentologie

L'objectif de ce chapitre est de recenser et analyser les différents incidents et accidents survenus sur des installations de la filière éolienne. Il ne s'agit pas de dresser une liste exhaustive de ces évènements, mais de rechercher les types d'incidents et d'accidents les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences, en vue de l'analyse des risques pour l'installation.

Ainsi, l'accidentologie est un outil complémentaire de l'analyse préliminaire des risques qui permet d'identifier :

- les installations, équipements, comportements ou opérations à risque pouvant engendrer des défaillances ou des évènements redoutés,
- les conséquences de ces évènements redoutés,
- les moyens mis en œuvre afin de réduire, voire supprimer le risque.

Les enseignements qui pourront en être tirés doivent permettre une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

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'accident 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. 2. Inventaire des accidents et incidents en France

VI. 2. 1. Méthodologie

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé, afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien du Bois de Chaumont à Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande.
Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne, tel que présenté dans le *Guide technique de conduite de l'étude de dangers* (mai 2012).

La filière éolienne française dispose aujourd'hui d'un retour d'expérience consistant des accidents et incidents. Ils sont pour la quasi-totalité recensés au sein de la base de données ARIA, mise à jour tous les 6 mois environ par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI) du Ministère pour la transition écologique. La base de données ARIA, très complète, permet de connaître l'ensemble des éléments suivants :

- Temporalité et localisation de l'évènement ;
- Nature et description de l'accident ;
- Nature des impacts ;
- Causes profondes de l'accident suite aux analyses approfondies.

Les informations recensées dans la base de données ARIA ont été complétées par certains évènements :

- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers.

L'inventaire présenté en Annexe 2 du Guide (et en *Annexe 4* de la présente étude de dangers) a été actualisé en juin 2019, à l'aide de la **base de données ARIA**. Les mots-clés sélectionnés dans la base ARIA sont « éolien » et « éolienne » pour une recherche en France et à l'étranger. Certains résultats sont communs entre les deux mots-clés.

La base de données ARIA -Analyse, Recherche et Information sur les Accidents- du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels), exploitée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire, recense et analyse les accidents et incidents en France et à l'étranger intervenus dans différents secteurs industriels qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement depuis le 1er janvier 1992. Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6% des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).

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

Dans l'état actuel, la base de données ARIA apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 99 incidents et accidents a pu être recensé entre 2000 et 2020 (voir tableau détaillé en ***Annexe 4***).

VI. 2. 2. Résultat

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2020. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique sont présentés :

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

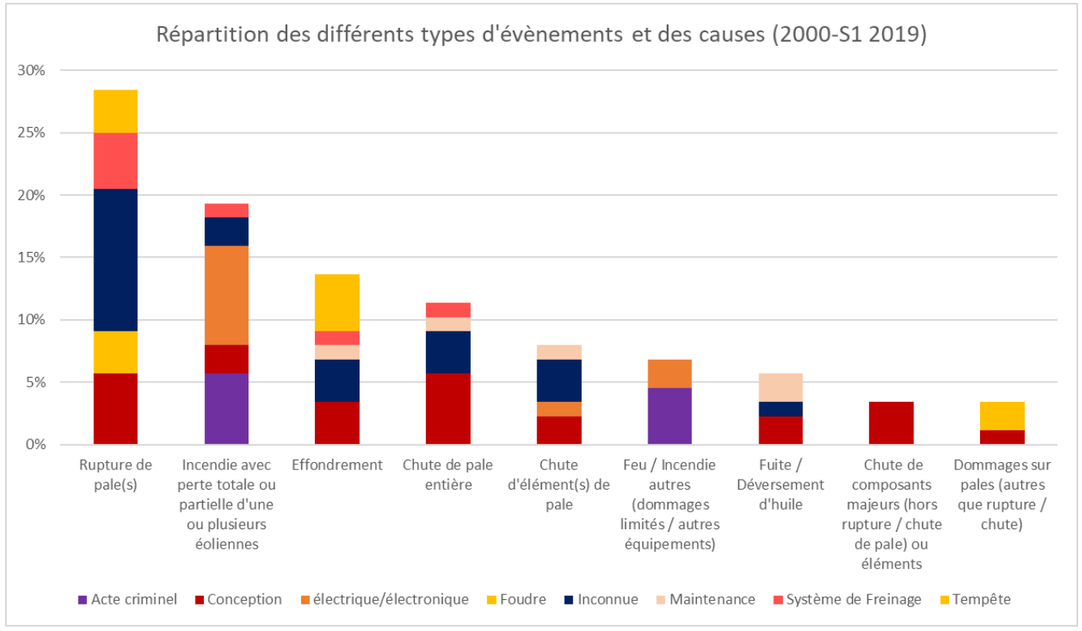


Figure 15 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et début 2019

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, l'incendie avec perte totale ou partielle d'une ou plusieurs éoliennes, effondrement, chute de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Les principales causes connues de ces accidents sont les tempêtes et les défaillances techniques. Des incidents concernent également la fuite ou le déversement d'huile hydraulique.

Le graphe ci-dessous illustre les causes des 8 évènements survenus au cours du deuxième semestre 2019 jusqu'en 2020. Les évènements sont détaillés en *Annexe 4*.

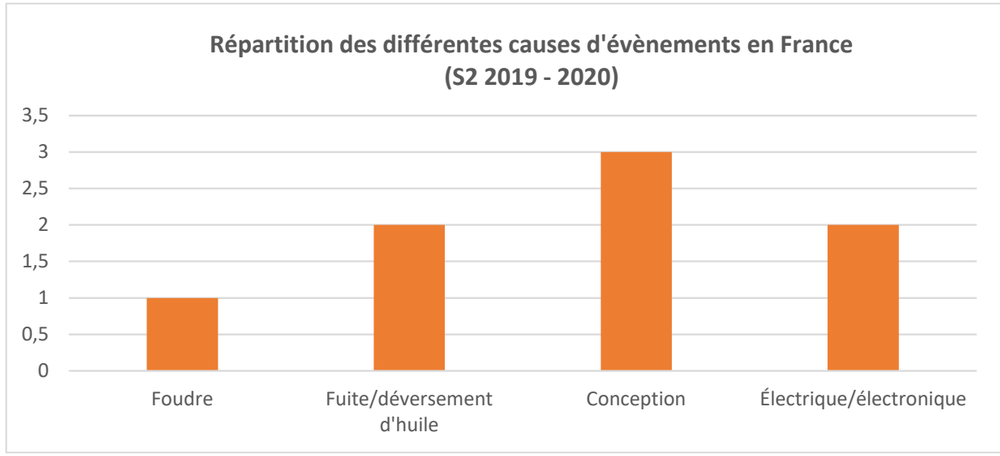


Figure 16 : Répartition des accidents et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre le deuxième semestre 2019 et 2020

VI. 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 aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010. Bien qu'il n'y ait pas eu de mises à jour en 2020, cet inventaire, élément structurant du guide de l'étude de dangers, permet d'appréhender les causes d'accidents récurrents dans le monde.

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

En fin de paragraphe, un graphe reprend les principales causes d'incidents entre 2006 et 2020 dans le monde.

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

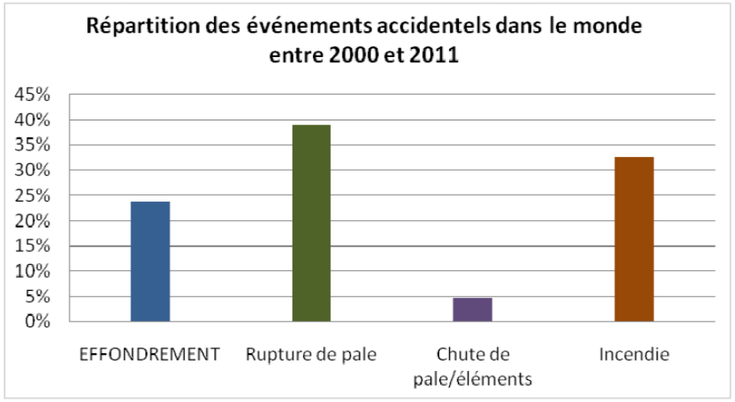


Figure 17 : Répartition des accidents dans le monde entre 2000 et 2011
(Source : Guide technique, mai 2012)

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).

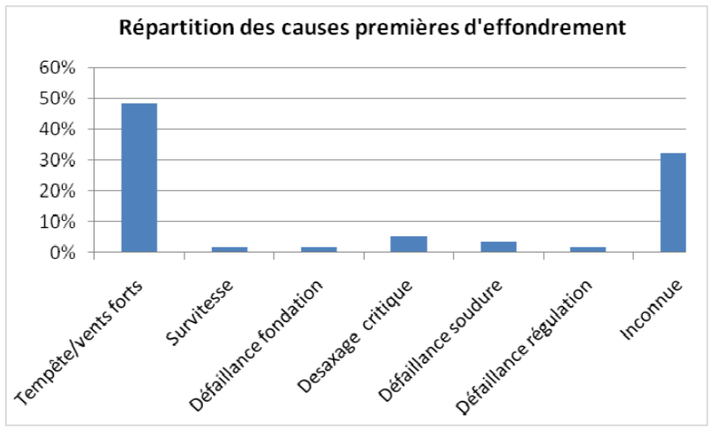


Figure 18 : Causes premières d'effondrement dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011
(Source : Guide technique, mai 2012)

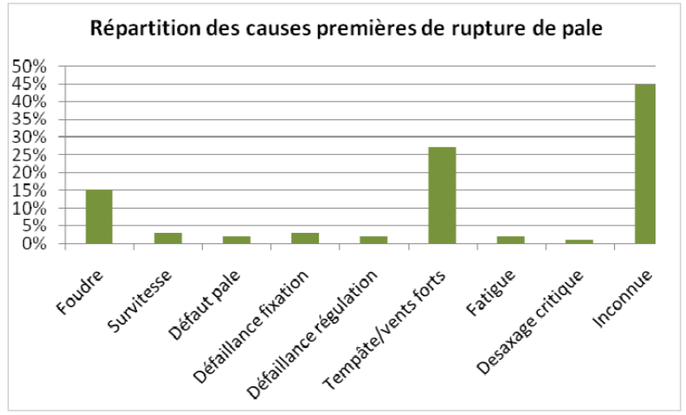


Figure 19 : Causes premières de rupture de pale dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011
(Source : Guide technique, mai 2012)

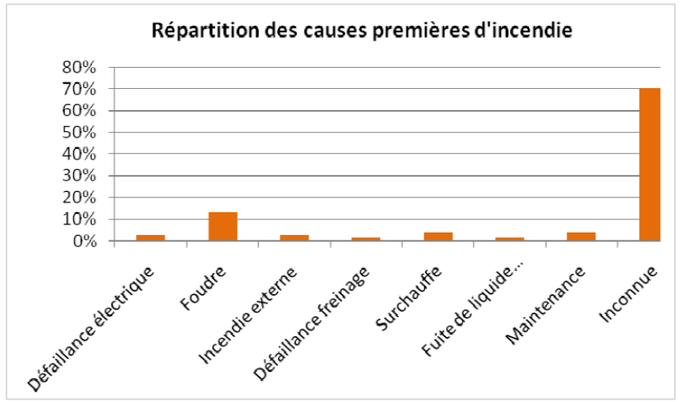


Figure 20 : Causes premières d'incendie dans les accidents recensés dans le monde entre 2000 et 2011
(Source : Guide technique, mai 2012)

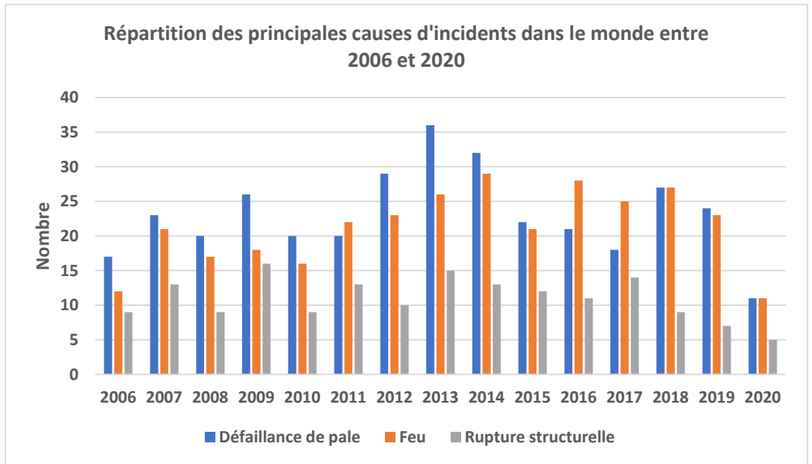


Figure 21 : Répartition des principales causes d'incidents dans le monde entre 2006 et 2020
(Source : http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm)

L'association Caithness Wind Information Forum (CWIF) a rédigé une synthèse statistique des accidents liés à l'éolien au 30 septembre 2020.

Le graphique ci-dessous présente le nombre d'accidents survenus de 1996 à septembre 2020.

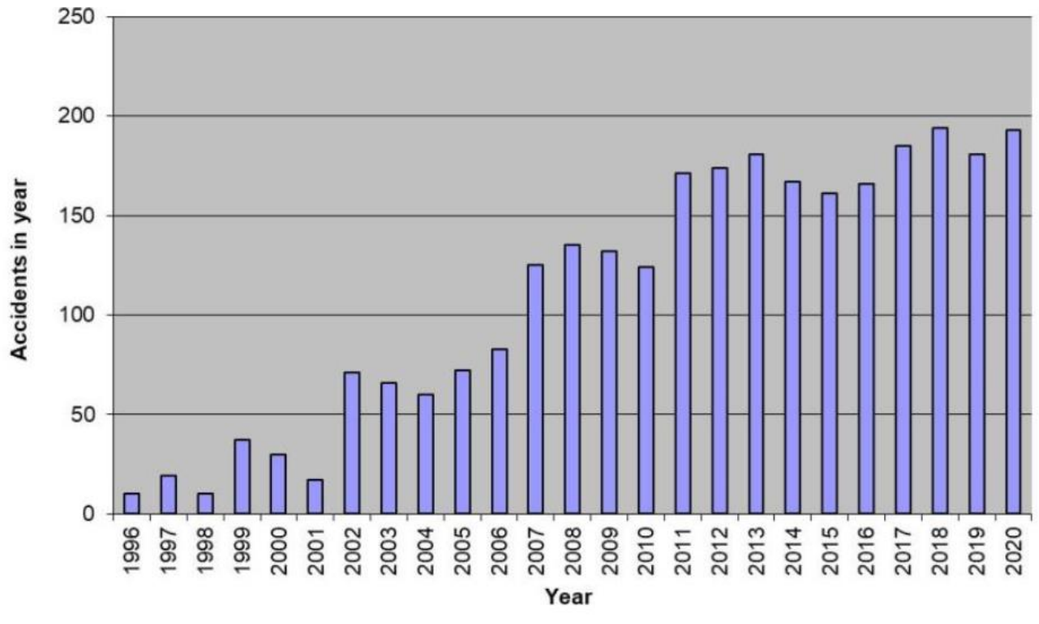


Figure 22 : Nombre d'accidents par an à l'étranger selon la CWIF

(Source : http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm)

De manière générale, le graphique témoigne d'une hausse du nombre d'accidents par an depuis 1996, avec une moyenne de 49 accidents par an de 2000 à 2004, 109 accidents par an de 2005 à 2009, 163 accidents par an de 2010 à 2014 inclus, et 171 accidents par an de 2015 à septembre 2020.
A noter que l'augmentation du nombre d'accidents est également corrélée au nombre croissant d'éolienne installée.

Depuis les années 80, il y a eu 2 744 accidents recensés par la CWIF. Les données collectées par l'association mettent en évidence que la défaillance des pales est l'accident le plus courant avec 454 cas, suivi de près par l'incendie (399 cas). Une "défaillance de pale" peut provenir de plusieurs sources possibles et entraîner la projection du rotor ou de morceaux de la turbine.

La troisième cause d'accident la plus courante, avec 220 événements recensés, est la "défaillance structurelle". C'est une défaillance majeure d'un composant dans sa capacité à résister à certaines conditions météorologiques. Cela concerne principalement les dommages causés par les tempêtes aux éoliennes et l'effondrement de la tour. Cependant, un contrôle de qualité médiocre, un manque de maintenance et une défaillance des composants peuvent également en être responsables.
Le transport des éoliennes est également à l'origine de 239 accidents. La plupart des accidents impliquent des sections de turbines qui tombent des transporteurs.
Enfin, CWIF estime que la projection de glace est à l'origine de 46 accidents depuis les années 1980.

VI. 4. Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

L'actionnaire majoritaire de la SAS Gâtin'EOLE Ouest est la SICAP, à hauteur de 70%. La SICAP est déjà propriétaire-exploitant depuis 12 ans de 4 parcs éoliens en France au travers de ses filiales ci-après :

- ÉOLE 45 (49% SICAP et 51% IWB) exploitant 3 parcs éoliens dans le Loiret (34 MW) ;
  - Parc éolien de la Grange à Pithiviers-le-Vieil (45) constitué de 5 éoliennes VESTAS V80 de 2 MW unitaire, pour une puissance totale de 10 MW et mis en service le 27/12/2007 ;
  - Parc éolien de la Brière à Bazoches-les-Gallerandes (45) constitué de 6 éoliennes VESTAS V80 de 2 MW unitaire, pour une puissance totale de 12 MW et mis en service le 05/06/2008 ;
  - Parc éolien du Plateau Beauceron à Sermaises et Audeville (45) constitué de 6 éoliennes VESTAS V90 de 2 MW unitaire, pour une puissance totale de 12 MW et mis en service le 28/10/2010.

- CITÉOL MENÉ (70% SICAP et 30% par 8 Cigales constituées par 137 particuliers) exploitant du parc éolien des Landes du Mené (22), constitué de 7 éoliennes ENERCON E53 de 0.85 MW unitaire, pour une puissance totale de 5,95 MW et mis en service le 01/08/2013.

Il est à noter que ces quatre installations font l'objet de contrats d'entretien et de maintenance en garantie totale souscrits auprès des constructeurs VESTAS et ENERCON, sur la durée totale des contrats de vente d'électricité (15 ans). Par ailleurs, la société IMAGIN'ERe, filiale de la SICAP, est en charge du contrôle d'exploitation de ces quatre installations.

Au 1er janvier 2020, un seul incident a été rencontré sur ces quatre installations en 10 années (moyenne), détaillé ci-après.

Tableau 19 : Accidents survenus au 1er janvier 2020

(Source : IMAGIN'ERE, Février 2020)

Société	Date	Zone d'effet	Evènement initiateur	Phénomène redouté	Phénomène observé	Enseignements tirés
EOLE45	Avril 2014	Fissure à la liaison entre fondation et cage d'ancrage	Balourd de masse sur le rotor par défaut d'installation initiale d'un vérin de commande d'une pale	Dégradation excessive de la fondation	Mouvements de tour supérieurs au seuil, détectés par capteurs de vibrations et déplacements	Une expertise judiciaire a été menée, réparation du vérin de pale, réparation de la fondation par injection

Dans le cadre du présent projet du Bois de Chaumont, la société Gâtin'EOLE Ouest souscrira également les contrats suivants pour une durée minimale de 15 ans :

- Contrat d'entretien et de maintenance en garantie totale auprès du constructeur (ENERCON pressenti) ;
- Contrat d'assistance technique au contrôle d'exploitation auprès de la société IMAGIN'Ere.

VI. 5. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

VI. 5. 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 du nombre d'éoliennes installées (*Figure 23*) ou de la puissance installée (*Figure 24*). En effet, certaines données étant manquantes ou peu fiables sur les dernières années en termes de nombre d'éoliennes installées, une comparaison a également été réalisée avec l'évolution de la puissance installée.

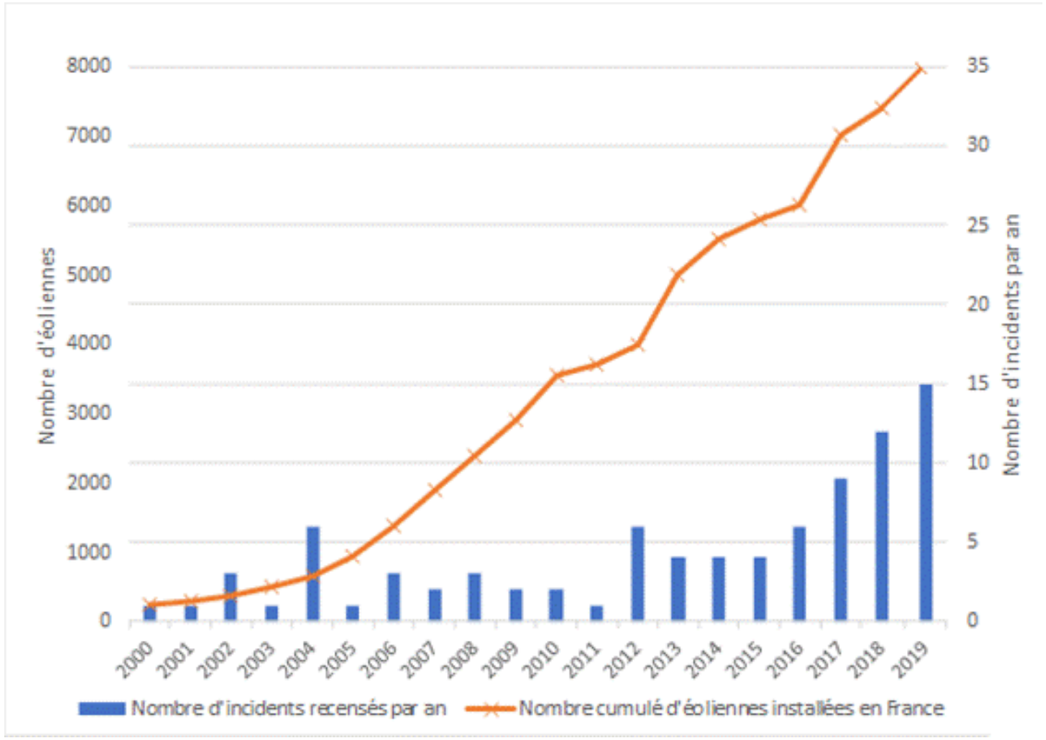


Figure 23 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et du nombre d'éoliennes installées
(Source : Guide technique, ARIA)

En 2019, 15 incidents sont recensés en France pour 7 950 éoliennes selon l'Observatoire de l'éolien d'Octobre 2019.

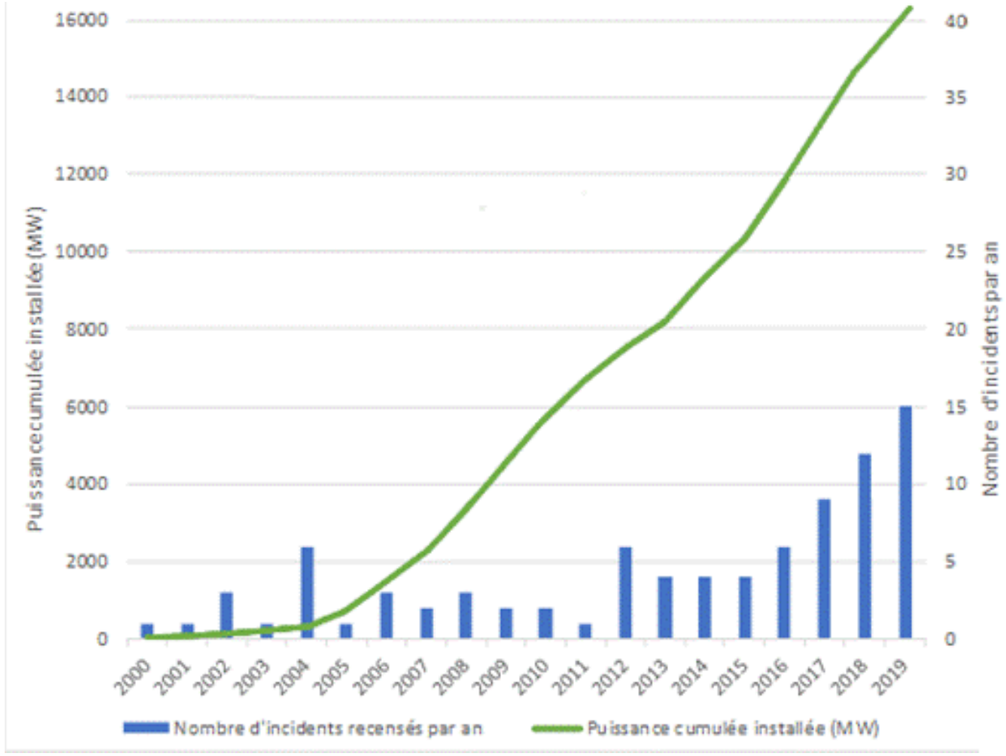


Figure 24 : Évolution du nombre d'incidents annuels recensés en France et de la puissance installée
(Source : Guide technique, ARIA, Panorama de l'électricité renouvelable en 2019)

En 2019, 15 incidents sont recensés en France pour 16 494 MW installés.

Les figures précédentes montrent cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées, ni à la puissance installée. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant. Il a légèrement augmenté ces 5 dernières années.

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.

VI. 5. 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 :

- Effondrement,
- Rupture de pales,
- Chute de pales et d'élément de l'éolienne,
- Incendie.

VI. 6. 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.

Pour rappel, l'exploitant d'un parc ICPE doit consigner dans un rapport tout type de panne, incident et accident survenu au cours de l'exploitation de l'installation.

VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

VII. 1. Objectifs de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal **d'identifier les scénarios d'accidents 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 qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accidents majeurs ; ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

VII. 2. Recensement des évènements 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.

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

Le tableau ci-après synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines.

Tableau 20 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Évènement redouté	Danger potentiel	Périmètre considéré	Distance par rapport au mât des éoliennes				
					Eo1	Eo2	Eo3	Eo4	Eo5
Voies de circulation (RD)	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	25 m	/	/	270 m de l'A19	665 m de la RD950	650 m de la RD950
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Aucun aérodrome dans le périmètre considéré				
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	486 m	667 m	181 m	189 m	559 m
					d'une ligne aérienne de RTE				
Autre aérogénérateur	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	529 m de Eo2	529 m de Eo1	492 m de E4	492 m de Eo3	495 m de Eo4

Il n'existe aucun aérodrome ou aéroport dans un rayon de 2 km par rapport aux éoliennes du projet de parc éolien du Bois de Chaumont. Les voies de circulation structurante (A19 et RD950) se trouvent à plus de 25 m de toutes les éoliennes. Enfin, les lignes électriques aériennes se trouvent à une distance minimale de 181 m avec les éoliennes du parc éolien du Bois de Chaumont (Eo3).

Les aérogénérateurs présents dans un rayon de 500 m appartiennent au projet de parc éolien du Bois de Chaumont. Il n'existe aucun autre parc éolien existant dans un rayon de 500 m. L'éolienne la plus proche appartient au CPENR de Barville-en-Gâtinais et Egry et se trouve à 592,7 m au nord-ouest de l'éolienne Eo3.

VII. 3. 2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-après synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels. Pour rappel, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies ou à des séismes ne sont pas considérées dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Tableau 21 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	La vitesse moyenne des vents calculée sont extraites de l'étude anémométrique d'EOLTECH. Les vents dominants mesurés sur la zone d'étude sont bidirectionnels avec majoritairement un vent du sud-ouest et nord-est. Les vitesses moyennes de vent sont de 6,49 m/s sur le site de Bordeaux en Gâtinais à 98,5 m de hauteur. Les dernières tempêtes majeures ont eu lieu, comme dans de nombreuses parties du territoire français en décembre 1999 (tempête Martin), en janvier 2009 (tempête Klaus), en février 2010 (tempête Xynthia) et en mars 2017 (tempête Zeus).
Foudre	Le niveau kéraunique (nombre de jours d'orage par an) du Loiret est de 17. La densité de foudroiement (nombre d'impact foudre par an et par km²) dans le département est de 1,7. Le parc éolien respectera la norme IEC 61 400-24 (juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (décembre 2006).
Glissement de sols / affaissements miniers	Les communes de Barville-en-Gâtinais, Batilly-en-Gâtinais et Beaune-la-Rolande ne sont pas soumises au risque d'inondation. L'aire d'étude de dangers présente plusieurs zones potentiellement sujettes aux inondations de cave et débordement de nappe. Aucune cavité souterraine n'est recensée dans l'aire d'étude. L'aléa retrait-gonflement des argiles est moyen au sein de cette aire.

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 (cf. *paragraphe VII. 6*).

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.

VII. 4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Les potentiels de dangers des installations, qu'ils soient liés aux produits ou au fonctionnement des équipements, ont été recensés au *paragraphe V. 2* en page 44. L'APR doit à présent identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau suivant 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'effet 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'événement 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**.

À noter que les fonctions de sécurité numérotées de 1 à 12 seront détaillées à la suite de ce tableau générique des risques, au *paragraphe VII. 6*.

Tableau 22 : Tableau d'analyse générique des risques

(Source : Guide technique de l'étude de dangers, Mai 2012)

N°	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute d'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
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute de 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 de pale	Prévenir la survitesse (N°4) Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (N°13)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue - Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation de la structure	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9)	Projection / chute de fragments et chute du mât	2

N°	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation de la structure	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9)	Projection / chute de fragments et chute du mât	2
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation de la structure	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9)	Projection / chute de fragments et chute du mât	2
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation de la structure	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9)	Chute de fragments et chute du mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau (N°13)	Projection/chute de fragments et chute du mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement de l'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) Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute de fragments et chute du mât	2
E7	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement de l'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 de fragments et chute du 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 5*.

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 canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

Les effets dominos susceptibles d'impacter une éolienne sont décrits dans le tableau d'analyse générique des risques présenté précédemment.
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 »*.

Une installation, hors aérogénérateur, est recensée à proximité des éoliennes du parc éolien du Bois de Chaumont. Il s'agit du poste de livraison, positionné à 278 m au nord-ouest de l'éolienne Eo4 et à 326 m au sud-ouest de l'éolienne Eo3.
Les actions de maintenances spécifiques au poste de livraison sont très ponctuelles et limitées dans le temps. De plus, certaines d'entre-elles ne nécessitent pas une intervention sur le terrain et peuvent s'effectuer à distance. De ce fait, l'enjeu humain au niveau du poste de livraison peut être considéré identique à celui qui est observé sur les terrains non bâti.
L'enjeu matériel concerne le poste de livraison lui-même, qui pourrait être détérioré (suite à la projection d'un morceau de glace ou de pale ou d'une pale), et l'environnement alentour, qui pourraient également être détérioré en cas d'incendie.

Le Guide technique de l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (Mai 2012) propose 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 m. Pour rappel, un poste de livraison n'est pas une ICPE.

Dans le cadre du projet de parc éolien du Bois de Chaumont, aucune installation classée n'est identifiée dans un rayon de 100 m autour de chaque aérogénérateur. L'évaluation des effets dominos n'est donc pas nécessaire dans la présente étude.

VII. 6. Mise en place des mesures de sécurité

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux listés dans le *Tableau 22 : Tableau d'analyse générique des risques*.

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 du Bois de Chaumont. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité sont détaillés selon les critères suivants :

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

- **Numéro de la fonction de sécurité :** cette ligne 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 devront être présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.

- **Description :** cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, pour permettre au lecteur une meilleure compréhension de leur fonctionnement.

- **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* »). Dans le cadre d'une étude de dangers d'un parc éolien, cette indépendance sera mesurée à travers les questions suivantes :
  - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité, mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur ;
  - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?

- **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. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers d'un parc éolien, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
  - Une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 min ;
  - Une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai maximal de 60 min.

- **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. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée.

- **Test (fréquence) :** il s'agit des 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 doivent être 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 a minima la réalisation d'un contrôle tous les ans 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.

Dans les tableaux suivants, le terme « NA » (Non Applicable) est indiqué dans le cas où certains critères ne sont pas applicables à la mesure de maîtrise des risques (MMR), surlignée en orange.

Tableau 23 : Description de la MMR n°1

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace et de mise à l'arrêt de l'aérogénérateur Procédure adéquate de redémarrage		
Description	Système de détection ou de déduction redondant de la formation de givre permettant, en cas de formation de glace, une mise à l'arrêt 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	Immédiat (l'alarme est déclenchée dès que le capteur détecte des conditions de givre.)		
Efficacité	100%		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Tableau 24 : Description de la MMR n°2

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Signalisation (affichage de panneaux) sur les chemins d'accès aux éoliennes Éloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation sur les chemins d'accès aux éoliennes du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100% compte-tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu. L'information des promeneurs sera ainsi 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.		

Tableau 25 : Description de la MMR n°3

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température sur pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Suivant ces seuils, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice.		
Description	Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne. En cas de dépassement de seuils, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif), voire son arrêt. Tout phénomène anormal est automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA de l'éolienne et donne lieu à des analyses, et si nécessaire, des interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification lors des visites maintenance, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
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, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. Maintenance préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Tableau 26 : Description de la MMR n°4

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système de freinage est constitué d'un frein à disque à commande hydraulique présent sur l'arbre rapide du multiplicateur.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté). L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 min suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		
Efficacité	100%		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel (maintenance préventive annuelle) conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Tableau 27 : Description de la MMR n°5

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Tableau 28 : Description de la MMR n°6

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et système de protection contre la foudre des éléments de l'aérogénérateur		
Description	L'éolienne est équipée d'un système de parafoudre (sur la nacelle et les pales) et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61 400-24. La foudre est capturée par des récepteurs sur les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation. Des parasurtenseurs sont présents sur les circuits électriques.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat (dispositif passif)		
Efficacité	100%		
Tests	La valeur de mise à la terre est contrôlée avant la mise en service du parc.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Tableau 29 : Description de la MMR n°7

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de température sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise à l'arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme		
Efficacité	100%		
Tests	Les détecteurs de fumée sont testés à la mise en service puis tous les ans. Vérification de la plausibilité des mesures de température.		
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, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance corrective suite à une défaillance du matériel.		

Tableau 30 : Description de la MMR n°8

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huile Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert d'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 utilisées afin : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools, …) et produits chimiques (acides, bases, solvants, …) - de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupèrera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et vérification d'absence de fuite plusieurs fois par an. Inspection et maintenance corrective en fonction du type de déclenchement d'alarme.		

Tableau 31 : Description de la MMR n°9

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	La norme IEC 61400-1 « 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 moyeu, les fondations et le mât répondent aux standards IEC 61400-1. Les pales respecteront le standard IEC 61400 -1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100%		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système.		
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 (système d'orientation des pales), couronne du Yaw Gear (système d'orientation de la nacelle), 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. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Tableau 32 : Description de la MMR n°10

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Les opérations de maintenance font l'objet d'un rapport permettant la réalisation d'un suivi.		
Maintenance	NA		

Tableau 33 : Description de la MMR n°11

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Inspection et suivi des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes		
Description	Toutes les pièces de l'éolienne sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches. Des contrôles visuels sont réalisés lors des opérations de maintenance Les données mesurées par les capteurs et les sondes présents dans l'éolienne sont suivies, enregistrées et traitées afin de détecter les éventuelles dégradations des équipements. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, une inspection de l'équipement potentiellement dégradé est réalisée.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	/		
Maintenance	NA		

Tableau 34 : Description de la MMR N°12

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
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	15 à 60 s suivant le programme de freinage.		
Efficacité	100%		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T3 / T4), notamment avec la vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T3 / T4), notamment avec l'inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

Tableau 35 : Description de la MMR N°13

Fonction de sécurité	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)		
Description	Surveillance du réseau et surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau. 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage.		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours des systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennal. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Tableau 36 : Description de la MMR n°14

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	14
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en particulier les pales		
Description	L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol Détection des cyclones Formation des opérateurs Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à **l'arrêté du 26 août 2011**, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalisera une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

VII. 7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

À l'issue de l'analyse préliminaire des risques, seuls les scénarios d'accident dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine sont retenus.

Ainsi, dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, 4 catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité. Ces derniers sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 37 : Scénarios exclus de l'étude détaillée des risques et justifications

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de sa hauteur, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 m 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, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins, il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistants, 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, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 [9]) et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200.
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huile dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques, sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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

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

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. ÉTUDE DETAILLEE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés 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 de toxique.

Cet arrêté est complété par la **circulaire du 10 mai 2010** récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.
Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

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

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode adaptée 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, 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 d'un phénomène 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.

Tableau 38 : Définition du degré d'exposition

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 39 : Seuils de gravité

Gravité \ Intensité	Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition modérée
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes	Entre 100 et 1 000 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 hors 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 utilisée dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur :

Tableau 40 : Classes de probabilité

Niveau de probabilité	Appréciation qualitative		Appréciation quantitative
A	Fréquent	**Événement courant :** s'est 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.	> 10^{-2} / an
B	Probable	**Événement probable :** s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.	De 10^{-3} à 10^{-2} / an
C	Peu probable	**Événement 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.	De 10^{-4} à 10^{-3} / an
D	Rare	**Événement rare :** s'est déjà produit dans ce secteur d'activité, mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	De 10^{-5} à 10^{-4} / an
E	Extrêmement rare	**Événement extrêmement rare :** n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années, d'installations.	< 10^{-5} / an

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 (P) est en effet le produit de plusieurs probabilités :

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

Avec :

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 parcs éoliens, une approche majorante assimilant la probabilité d'accident ($P_{accident}$) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

Le parc éolien du bois de Chaumont sera composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Tous les aérogénérateurs ont **une hauteur au moyeu de 99 m** ainsi qu'**un diamètre de rotor de 126 m maximum**, soit **une hauteur totale maximale en bout de pale de 162 m**.

Le modèle de machine pressenti est l'ENERCON 126 d'une puissance unitaire maximale de 3 MW, conforme aux dispositions de la norme NF EN 61400-1.
La puissance totale du parc éolien sera donc de **15 MW**.

VIII. 2. Caractérisation des scénarios retenus

VIII. 2. 1. Effondrement d'une éolienne

VIII. 2. 1. 1. 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 **162 m maximum** dans le cas des éoliennes du parc éolien du Bois de Chaumont.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6] ; cf. *Annexe 7)*. 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.

VIII. 2. 1. 2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du projet de parc éolien du Bois de Chaumont.

Les données utilisées sont les suivantes :

R	=	longueur de pale	=	62 m
H	=	hauteur du mât + de la nacelle au sens de la réglementation ICPE	=	97 m
L	=	largeur de la base du mât	=	4,65 m
LB	=	largeur de la base de la pale	=	3 m

Tableau 41 : Intensité du scénario « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 162 m)			
Zone d'impact Z_I (m²)	**Zone d'effet (Z_E) du phénomène étudié (m²)**	**Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%)**	**Intensité**
$Z_I = H \times L + 3 \times R \times LB/2$ La zone d'impact est de 730 m².	$Z_E = \pi \times (H + R)^2$ La zone d'effet est de 79 423 m²	$d = Z_I / Z_E$ d = 0,92%	Exposition modérée

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

VIII. 2. 1. 3. Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. *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 :

- Plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important »
- Au plus 10 personnes exposées : « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à une personne : « Modéré »

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

Tableau 42 : Gravité du scénario « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 162 m)			
Éolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Total (personnes permanentes)**	**Gravité**
Eo1	0,08 (terrains non aménagés) 0,04 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,12**	Modérée
Eo2	0,08 (terrains non aménagés) 0,04 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,12**	Modérée
Eo3	0,08 (terrains non aménagés) 0,03 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,11**	Modérée
Eo4	0,08 (terrains non aménagés) 0,05 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,13**	Modérée
Eo5	0,08 (terrains non aménagés) 0,06 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,14**	Modérée

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en *Annexe 3*. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Pour rappel, la méthode pour les terrains non bâtis est rappelée ci-dessous :

- **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.

VIII. 2. 1. 4. Probabilité

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

Tableau 43 : Valeurs de la littérature pour la probabilité d'effondrement d'une éolienne

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

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

A fin 2011, 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'expérience, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

A fin 2019, il a été recensé 3 effondrements pour des éoliennes de plus de 1 MW soit un total de 10 évènements depuis 2000. Cela correspond ainsi à 56 256 années d'expérience, soit une probabilité de 1,8 x 10^{-4} par éolienne et par an soit de fois moins qu'en 2011.
Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « *Évènement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

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

- Respect intégral des dispositions de la norme IEC 61400-1 ;
- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- Système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations (un système adapté est installé en cas de risque cyclonique).

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.
De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, 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 »*.

VIII. 2. 1. 5. Acceptabilité

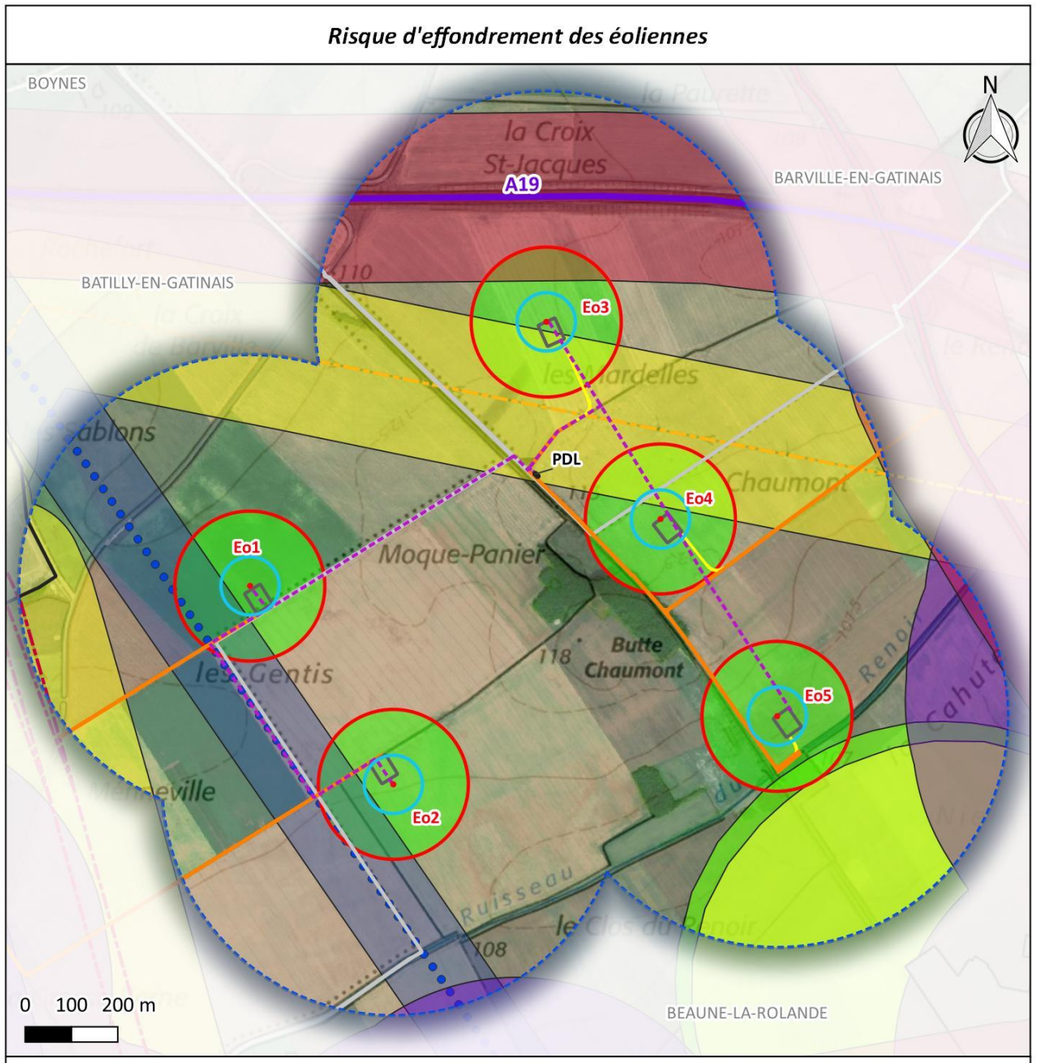
Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées de technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on peut conclure à l'acceptabilité du phénomène d'effondrement si moins de 10 personnes sont exposées.

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

Tableau 44 : Acceptabilité du scénario « Effondrement de l'éolienne »

Effondrement d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale : 162 m)		
Éolienne	**Gravité**	**Niveau de risque**
Eo1	Modérée	**Acceptable**
Eo2	Modérée	**Acceptable**
Eo3	Modérée	**Acceptable**
Eo4	Modérée	**Acceptable**
Eo5	Modérée	**Acceptable**

Le phénomène d'effondrement d'éoliennes du projet de parc éolien du Bois de Chaumont constitue un risque acceptable pour les personnes.



VIII. 2. 2. Chute de glace

VIII. 2. 2. 1. Considérations générales

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

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes qui varient 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.

La température annuelle moyenne sur le secteur de Nemours (77) est de 11,8°C.
On compte 54 jours de gel en moyenne par an (2 jours avec une température inférieure à -5°C).

VIII. 2. 2. 2. Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales d'une éolienne. Pour le parc éolien du Bois de Chaumont, **la zone d'effet a donc un rayon de 63 m.** Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

VIII. 2. 2. 3. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du projet de parc éolien du Bois de Chaumont.
Comme précédemment, Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R correspond au demi-diamètre ou rayon de la zone de survol (R= 63 m) et SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

Tableau 45 : Intensité du scénario « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à R = zone de survol = 63 m)			
Zone d'impact Z_I (m²)	**Zone d'effet (Z_E) du phénomène étudié (m²)**	**Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%)**	**Intensité**
Z_I = SG La zone d'impact est de 1 m².	$Z_E = \pi \times R^2$ La zone d'effet est de 12 469 m².	$d = Z_I / Z_E$ d = 0,008%	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de chute de glace est nulle au-delà de la zone de survol.

VIII. 2. 2. 4. Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. *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 :

- Plus de 1 000 personnes exposées : « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 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 :

Tableau 46 : Gravité du scénario « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à R = zone de survol = 63 m)			
Éolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Total (personnes permanentes)**	**Gravité**
Eo1	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée
Eo2	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée
Eo3	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée
Eo4	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée
Eo5	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée

VIII. 2. 2. 5. Probabilité

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

VIII. 2. 2. 6. Acceptabilité

Avec une classe de probabilité 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.

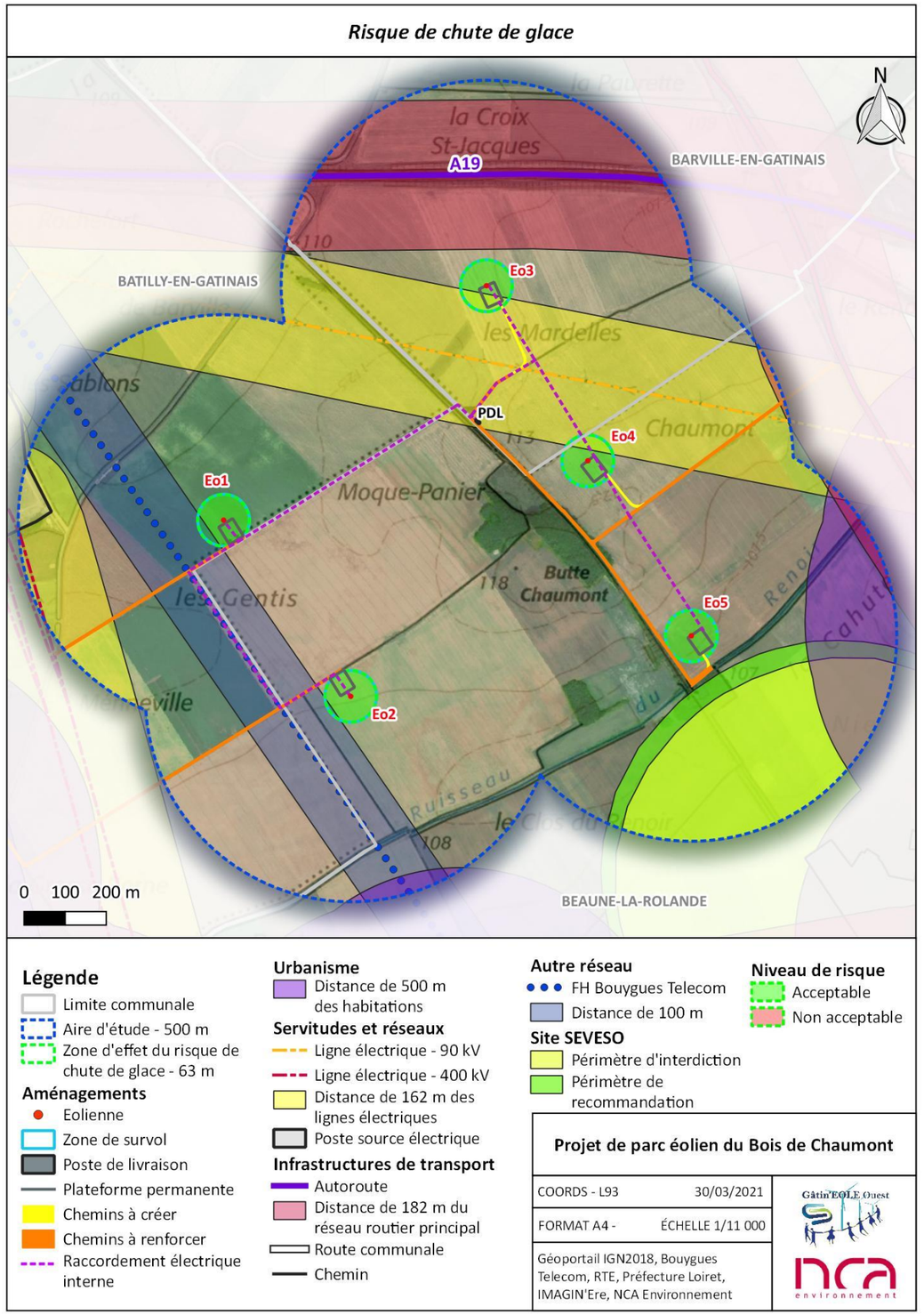
Le tableau en page suivante rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet de parc éolien du Bois de Chaumont, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 47 : Acceptabilité du scénario « Chute de glace »

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à R = zone de survol = 63 m)		
Éolienne	**Gravité**	**Niveau de risque**
Eo1	Modérée	**Acceptable**
Eo2	Modérée	**Acceptable**
Eo3	Modérée	**Acceptable**
Eo4	Modérée	**Acceptable**
Eo5	Modérée	**Acceptable**

Le phénomène de chute de glace d'une éolienne du parc éolien du Bois de Chaumont 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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, 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. 3. Chute d'élément d'une éolienne

VIII. 2. 3. 1. Zone d'effet

La chute d'élément 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'élément.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales d'une éolienne en projection verticale. Pour le projet éolien du Bois de Chaumont, **la zone d'effet a donc un rayon de 63 m**.

VIII. 2. 3. 2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'élément d'une éolienne dans le cas du parc éolien du Bois de Chaumont.
Comme précédemment, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet R correspond au demi-diamètre ou rayon de la zone de survol (R= 63 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 3 m).

Tableau 48 : Intensité du scénario « Chute d'éléments »

Chute d'élément d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à R= zone de survol = 63 m)			
Zone d'impact Z_I (m²)	**Zone d'effet (Z_E) du phénomène étudié (m²)**	**Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%)**	**Intensité**
$Z_I = R \times LB/2$ La zone d'impact est de 94,5m².	$Z_E = \pi \times (R)^2$ La zone d'effet est de 12 469 m².	$d = Z_I / Z_E$ d = 0,76%	Exposition modérée

L'intensité du phénomène de chute d'élément est nulle au-delà de la zone de survol.

VIII. 2. 3. 3. Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. *paragraphe VIII. 1. 3*), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément, dans la zone de survol d'une éolienne :

Si le phénomène de chute d'élément 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 d'élément et la gravité associée :

Tableau 49 : Gravité du scénario « Chute d'élément »

Chute d'élément d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à R = zone de survol = 63 m)			
Éolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Total (personnes permanentes)**	**Gravité**
Eo1	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée
Eo2	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée
Eo3	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée
Eo4	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée
Eo5	0,01 (terrains non aménagés) 0,02 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,03**	Modérée

VIII. 2. 3. 4. 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^{-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 » : *« Évènement 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'évènement.

VIII. 2. 3. 5. Acceptabilité

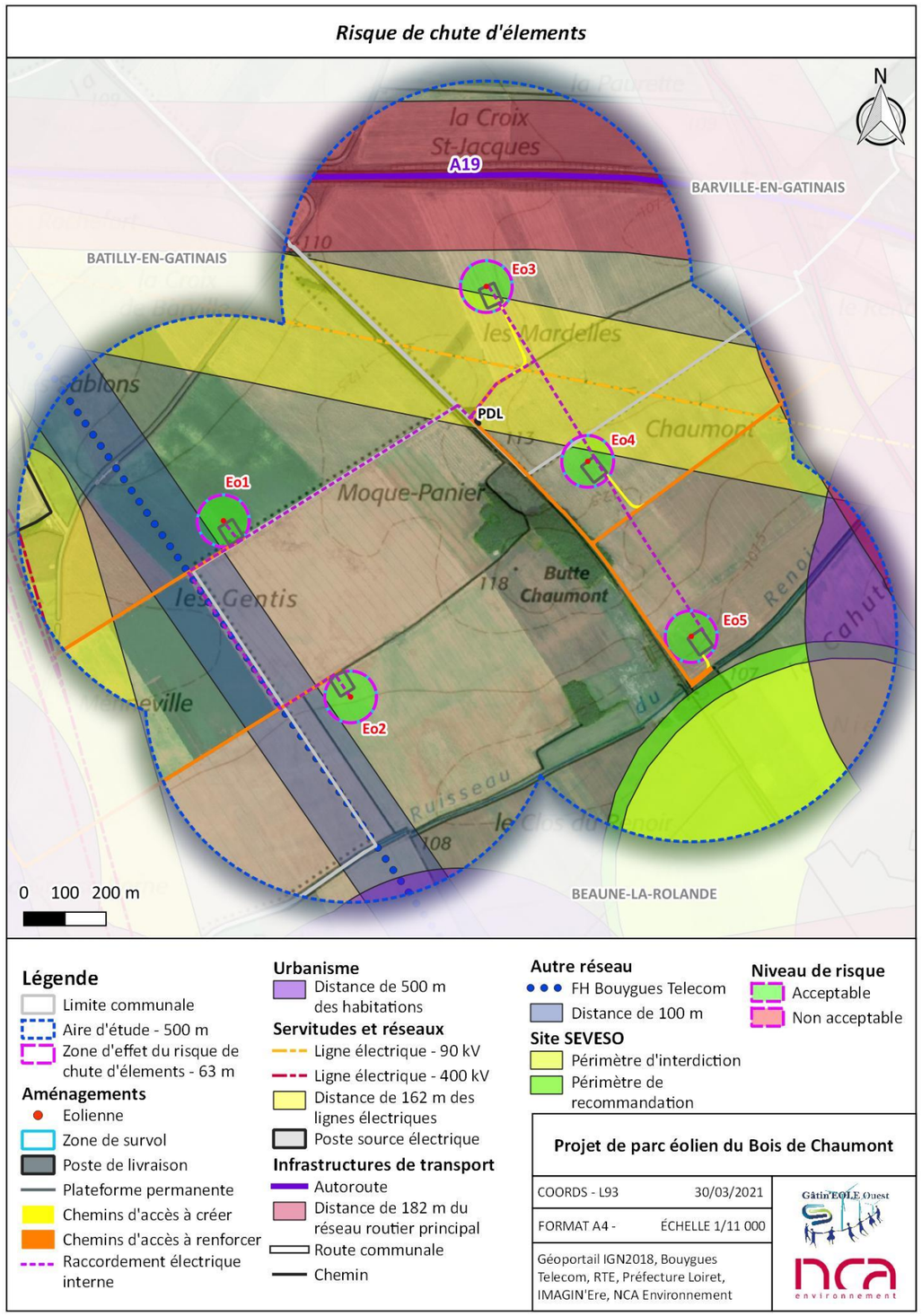
Avec une classe de probabilité C, le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet.

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

Tableau 50 : Acceptabilité du scénario « Chute d'élément »

Chute d'élément d'une éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à R = zone de survol = 63 m)		
Éolienne	**Gravité**	**Niveau de risque**
Eo1	Modérée	**Acceptable**
Eo2	Modérée	**Acceptable**
Eo3	Modérée	**Acceptable**
Eo4	Modérée	**Acceptable**
Eo5	Modérée	**Acceptable**

Le phénomène de chute d'élément d'une éolienne du projet de parc éolien du Bois de Chaumont constitue un risque acceptable pour les personnes.



VIII. 2. 4. Projection de pale ou de fragments de pale

VIII. 2. 4. 1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en *Annexe 4,* la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 m 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] (cf. Annexe 5).

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 m, en particulier les études [5] et [6] (cf. Annexe 7).

Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une **distance d'effet de 500 m** 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.

VIII. 2. 4. 2. Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Bois de Chaumont.
Comme précédemment, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de la pale (R = 62 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 3 m).

Tableau 51 : Intensité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact Z_I (m²)	**Zone d'effet (Z_E) du phénomène étudié (m²)**	**Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%)**	**Intensité**
$Z_I = R \times LB/2$ La zone d'impact est de 93 m².	$Z_E = \pi \times 500^2$ La zone d'effet est de 785 398 m².	$d = Z_I / Z_E$ d = 0,01%	Exposition modérée

VIII. 2. 4. 3. Gravité

En fonction de cette intensité, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de chaque éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées : « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 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 en page suivante indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée.

Tableau 52 : Gravité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

Projection de pale ou de fragments de pale (Zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Éolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Total (personnes permanentes)**	**Gravité**
Eo1	0,77 (terrains non aménagés) 0,14 (terrains aménagés peu fréquentés) 10 (zone d'activité)	**10,91**	Importante
Eo2	0,77 (terrains non aménagés) 0,14 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,91**	Modérée
Eo3	0,78 (terrains non aménagés) 0,11 (terrains aménagés peu fréquentés) 29,23 (route structurante)	**30,12**	Importante
Eo4	0,77 (terrains non aménagés) 0,19 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,96**	Modérée
Eo5	0,77 (terrains non aménagés) 0,18 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,95**	Modérée

VIII. 2. 4. 4. Probabilité

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

Tableau 53 : Valeurs de la littérature pour la probabilité de rupture de tout ou partie de pale

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).
Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité «C » : *« Évènement 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'évènement.

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

- Les dispositions de la norme IEC 61400-1 ;
- Les dispositions des normes IEC 61400-24 et EN 62305-3 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** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, 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 ».*

VIII. 2. 4. 5. Acceptabilité

Avec une classe de probabilité 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.

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

Tableau 54 : Acceptabilité du scénario « Projection de pale ou de fragments de pale »

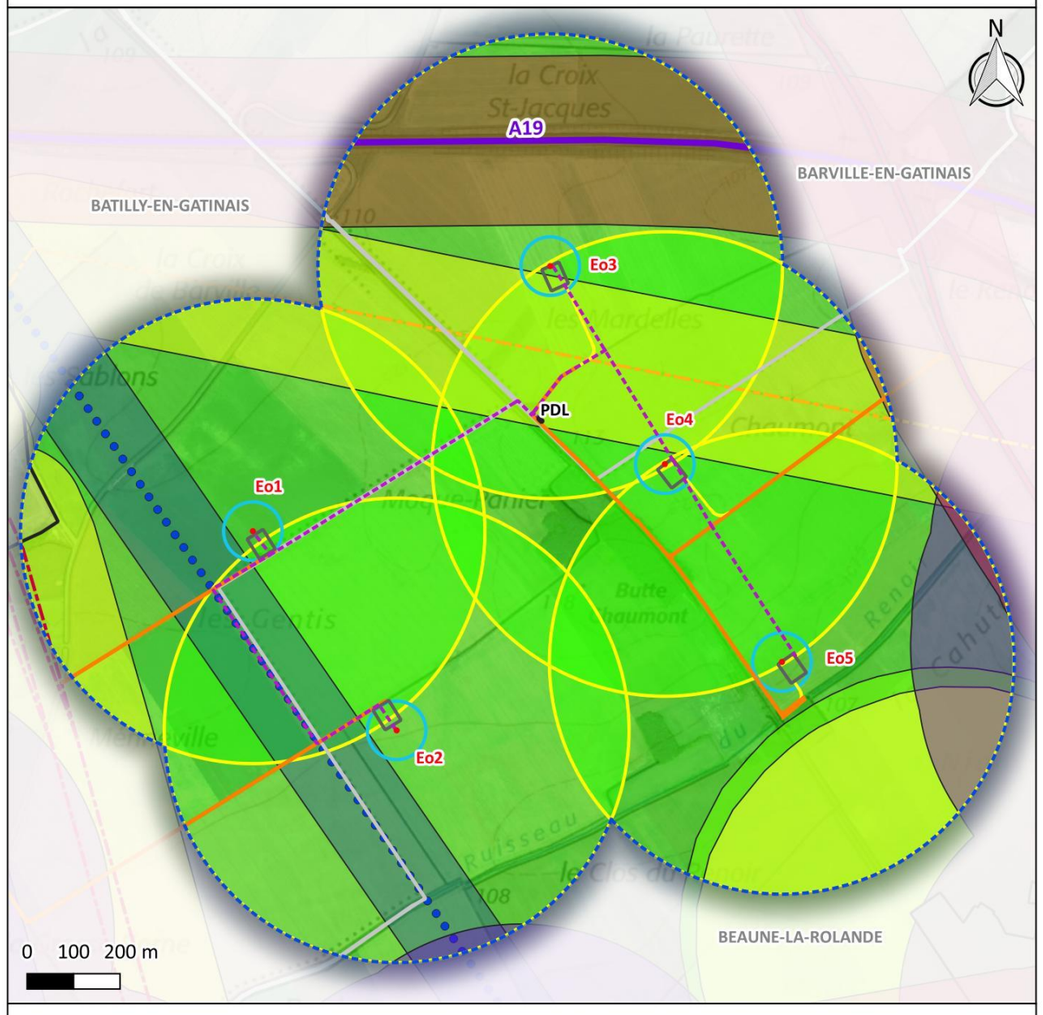
Projection de pale ou de fragments de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Éolienne	**Gravité**	**Niveau de risque**
Eo1	Importante	**Acceptable**
Eo2	Modérée	**Acceptable**
Eo3	Importante	**Acceptable**
Eo4	Modérée	**Acceptable**
Eo5	Modérée	**Acceptable**

Même si la gravité est importante avec une classe de probabilité D, le niveau de risque est considéré comme acceptable puisque le nombre équivalent de personnes permanentes est inférieur à 1000 dans la zone d'effet, comme expliqué précédemment.

Puisque le nombre total de personnes permanentes est de 10,91 pour Eo1 et de 30,12 pour Eo3, l'exploitant n'est pas contraint d'engager une étude supplémentaire. Le but d'une étude supplémentaire serait de déterminer le risque d'atteinte de l'enjeu (ici projection de pale et de fragment de pale) à l'origine du niveau de gravité (ici important) et de vérifier l'acceptabilité du risque. En outre, il ne sera également pas nécessaire de mettre en place des mesures de sécurité supplémentaire pour améliorer l'acceptabilité du risque.

Le phénomène de projection de tout ou partie de pale d'une éolienne du parc éolien du Bois de Chaumont constitue un risque acceptable pour les personnes.

Risque de projection de pale ou de fragments de pale



Légende

Aménagements
- Eolienne
- Zone de survol
- Poste de livraison
- Plateforme permanente
- Chemins d'accès à créer
- Chemins d'accès à renforcer
- Raccordement électrique interne

Urbanisme
- Limite communale
- Aire d'étude - 500 m
- Zone d'effet du risque de projection de pale - 500 m
- Distance de 500 m des habitations

Servitudes et réseaux
- Ligne électrique - 90 kV
- Ligne électrique - 400 kV
- Distance de 162 m des lignes électriques
- Poste source électrique

Infrastructures de transport
- Autoroute
- Distance de 182 m du réseau routier principal
- Route communale
- Chemin

Autre réseau
- FH Bouygues Telecom
- Distance de 100 m

Site SEVESO
- Périmètre d'interdiction
- Périmètre de recommandation

Niveau de risque
- Acceptable
- Non acceptable

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93 30/03/2021
FORMAT A4 - ÉCHELLE 1/11 000
Géoportail IGN2018, Bouygues Telecom, RTE, Préfecture Loiret, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

VIII. 2. 5. Projection de glace

VIII. 2. 5. 1. 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] (cf. Annexe 7) propose une distance d'effet en 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 conservative dans des études postérieures [17] (cf. Annexe 7). À défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace, soit une **distance de 334,5 m.**

VIII. 2. 5. 2. Intensité

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

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

Comme précédemment, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R le demi-diamètre du rayon du rotor (R= 63 m), H la hauteur du mât au sens de la réglementation ICPE (H= 97 m) et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 55 : Intensité du scénario « Projection de glace »

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 1,5 x (H +2R), soit 334,5 m autour de l'éolienne)			
Zone d'impact Z_I (m²)	**Zone d'effet (Z_E) du phénomène étudié (m²)**	**Degré d'exposition (d) du phénomène étudié (%)**	**Intensité**
Z_I = SG La zone d'impact est de 1 m².	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (H + 2 \times R))^2$ La zone d'effet est de 351 514 m².	d = Z_I / Z_E d = 0,0003%	Exposition modérée

VIII. 2. 5. 3. Gravité

En fonction de cette intensité, 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 :

- Plus de 1 000 personnes exposées : « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 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] (cf. Annexe 7) 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 :

Tableau 56 : Gravité du scénario « Projection de glace »

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 1,5 x (Hm +2R), soit 334,5 m autour de l'éolienne)			
Éolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Total (personnes permanentes)**	**Gravité**
Eo1	0,35 (terrains non aménagés) 0,06 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,41**	Modérée
Eo2	0,35 (terrains non aménagés) 0,06 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,41**	Modérée
Eo3	0,35 (terrains non aménagés) 0,05 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,40**	Modérée
Eo4	0,35 (terrains non aménagés) 0,10 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,45**	Modérée
Eo5	0,35 (terrains non aménagés) 0,09 (terrains aménagés peu fréquentés)	**0,44**	Modérée

VIII. 2. 5. 4. Probabilité

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

- Les mesures de prévention de projection de glace imposées par **l'arrêté du 26 août 2011** modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, ;
- Le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace.

Une probabilité forfaitaire « B » : *« Évènement probable »* est proposé pour cet évènement.

VIII. 2. 5. 5. Acceptabilité

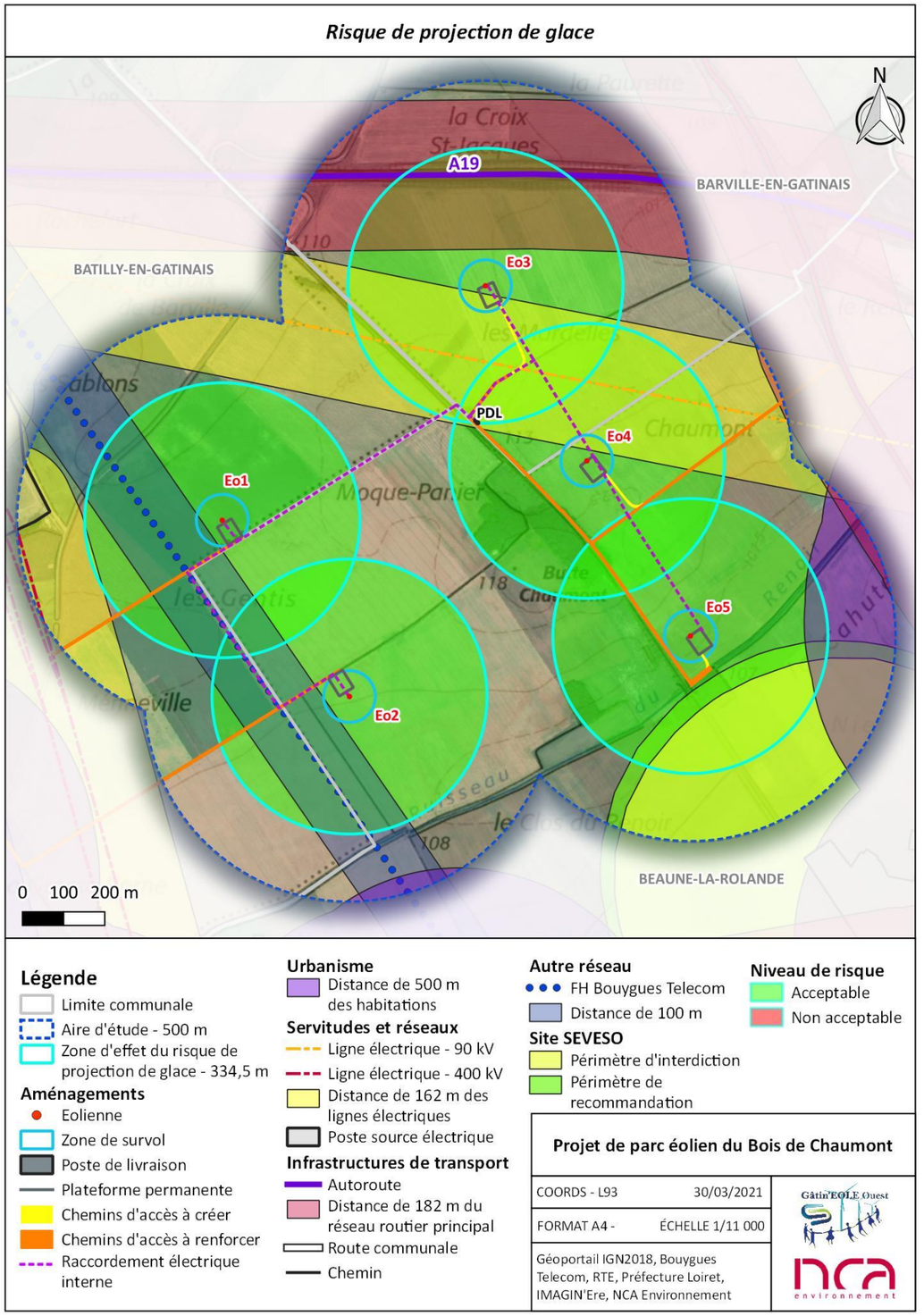
Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « sérieux ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau en page suivante rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet de parc éolien du Bois de Chaumont, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Tableau 57 : Acceptabilité du scénario « Projection de glace »

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 1,5 x (Hm +2R), soit 334,5 m autour de l'éolienne)		
Éolienne	**Gravité**	**Niveau de risque**
Eo1	Modérée	**Acceptable**
Eo2	Modérée	**Acceptable**
Eo3	Modérée	**Acceptable**
Eo4	Modérée	**Acceptable**
Eo5	Modérée	**Acceptable**

Le phénomène de projection de glace depuis une éolienne du parc éolien du Bois de Chaumont 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

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Tableau 58 : Synthèse des scénarios étudiés

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement d'une éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (162 m)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	**Modérée**
Chute de glace	Rayon de la zone de survol (63 m)	Rapide	Exposition modérée	A	**Modérée**
Chute d'élément d'une éolienne	Rayon de la zone de survol (63 m)	Rapide	Exposition modérée	C	**Modérée**
Projection de pale ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	**Importante pour Eo1 et Eo3** **Modérée pour Eo2, Eo4 et Eo5**
Projection de glace	334,5 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B	**Modérée**

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-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus sera utilisée. Le classement des scénarios étudiés y a été intégré.

Tableau 59 : Matrice de criticité

Conséquence	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		**Projection de pale ou de fragments de pale pour Eo1 et Eo3**			
Sérieux					
Modéré		**Effondrement d'une éolienne** **Projection de pale ou de fragments de pale pour Eo2, Eo4 et Eo5**	**Chute d'élément d'une éolienne**	**Projection de glace**	**Chute de glace**

Légende de la matrice :

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

Le tableau ci-dessous reprend la légende de la matrice susvisée pour l'adapter au projet du parc éolien du Bois de Chaumont.

Tableau 60 : Matrice de criticité du projet de parc éolien du Bois de Chaumont

	Effondrement d'une éolienne	Chute de glace	Chute d'éléments d'une éolienne	Projection de pale ou de fragments de pale	Projection de glace
Eo1	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Eo2	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Eo3	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Eo4	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Eo5	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable

Au regard de la matrice ainsi complétée, il s'avère que :

- Aucun accident ne possède un niveau de risque important.
- 2 accidents possèdent un risque faible (projection de pale ou de fragments de pale pour Eo1 et Eo3 et chute de glace). Pour ces derniers, il convient de souligner que le choix d'aérogénérateurs de technologie récente et les fonctions de sécurité détaillées dans le *paragraphe VII. 6* et notamment la fonction de sécurité n°2 qui consiste à signaliser (affichage de panneaux) ce risque sur les chemins d'accès aux éoliennes et éloigner les éoliennes des zones habitées et fréquentées, sont mises en œuvre et suffisent à rendre les risques acceptables.

VIII. 3. 3. Cartographie des risques

Une cartographie de synthèse des risques est proposée pour chaque aérogénérateur. Elle met en évidence les éléments suivants :

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

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo1

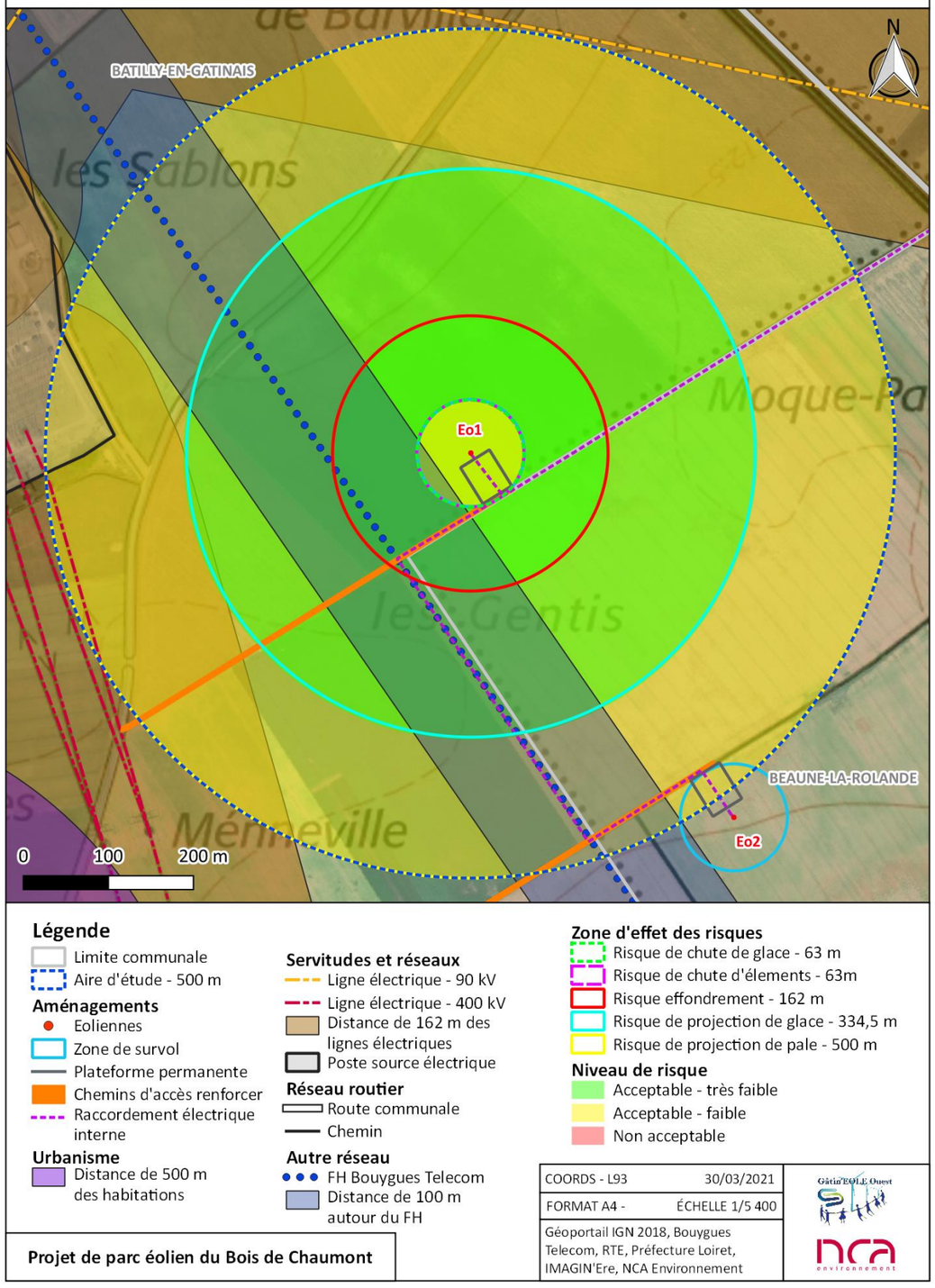


Tableau 61 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo1

Eo1	Chute de glace	Chute d'éléments	Effondrement	Projection de glace	Projection de pale
Zone d'effet (m)	63 m	63 m	162 m	334,5 m	500 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,03	0,03	0,12	0,41	10,91
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Importante
Niveau du risque	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Faible

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo2

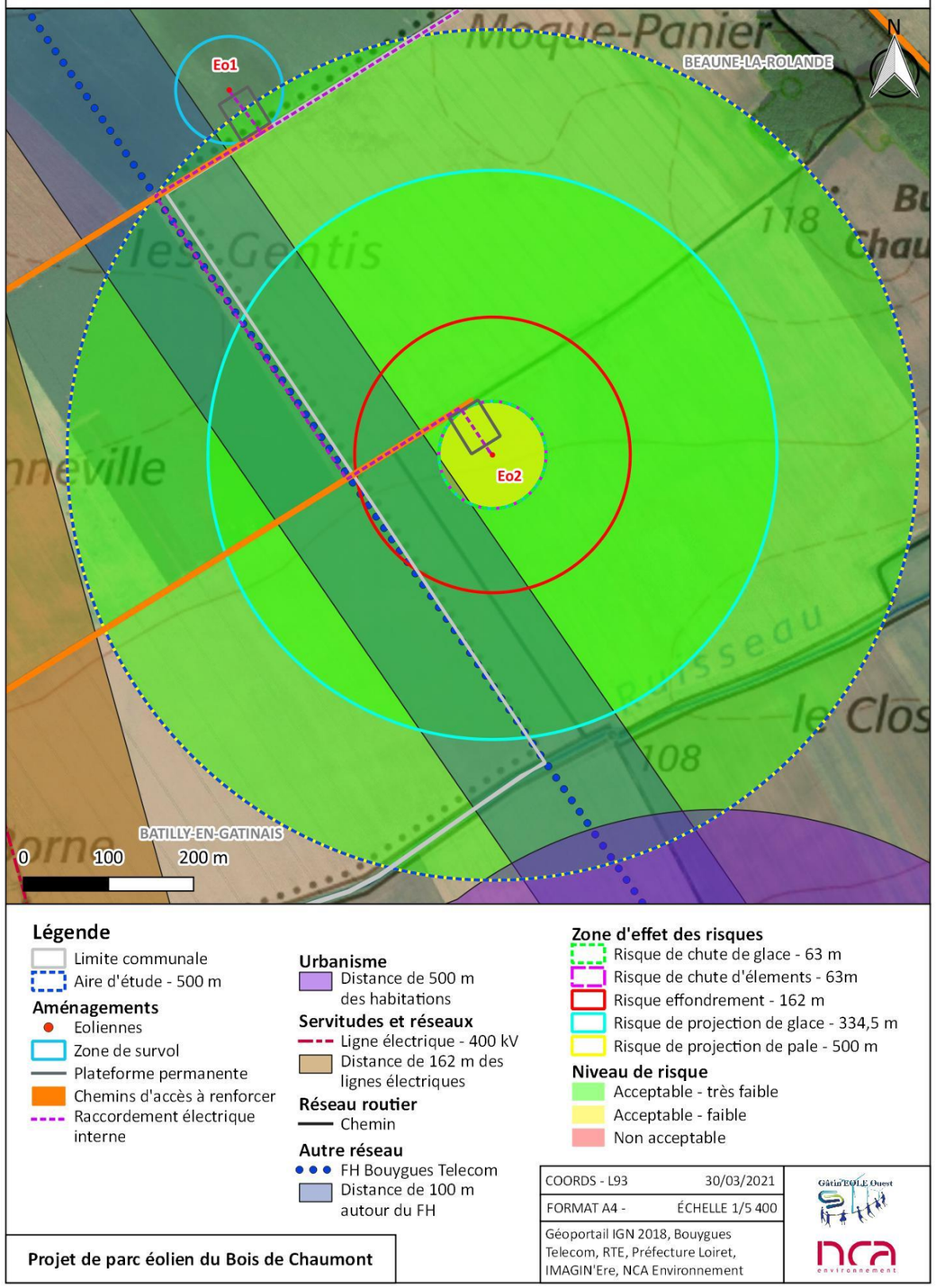


Tableau 62 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo2

Eo2	Chute de glace	Chute d'éléments	Effondrement	Projection de glace	Projection de pale
Zone d'effet (m)	63 m	63 m	162 m	334,5 m	500 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,03	0,03	0,12	0,41	0,91
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
Niveau du risque	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible

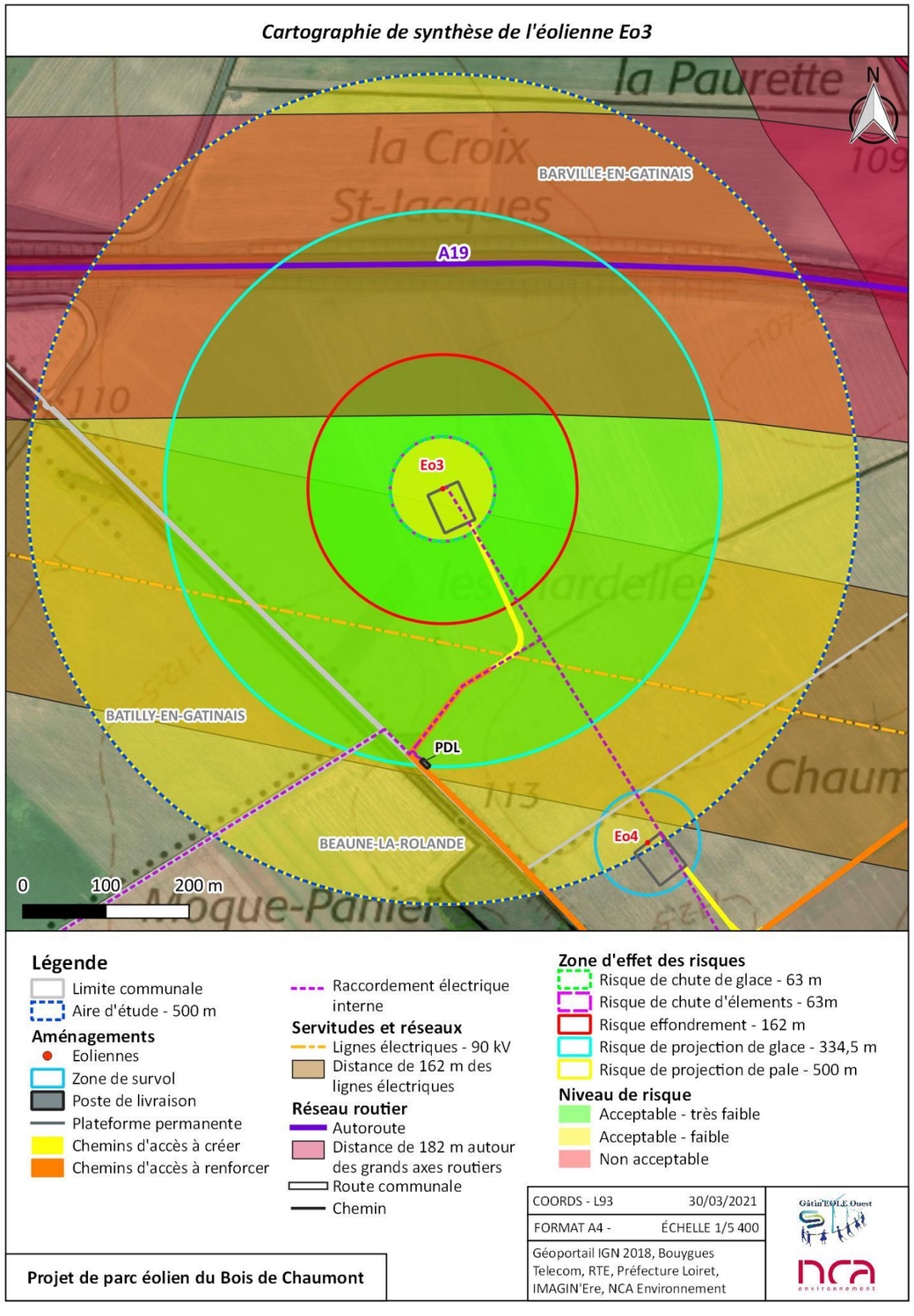
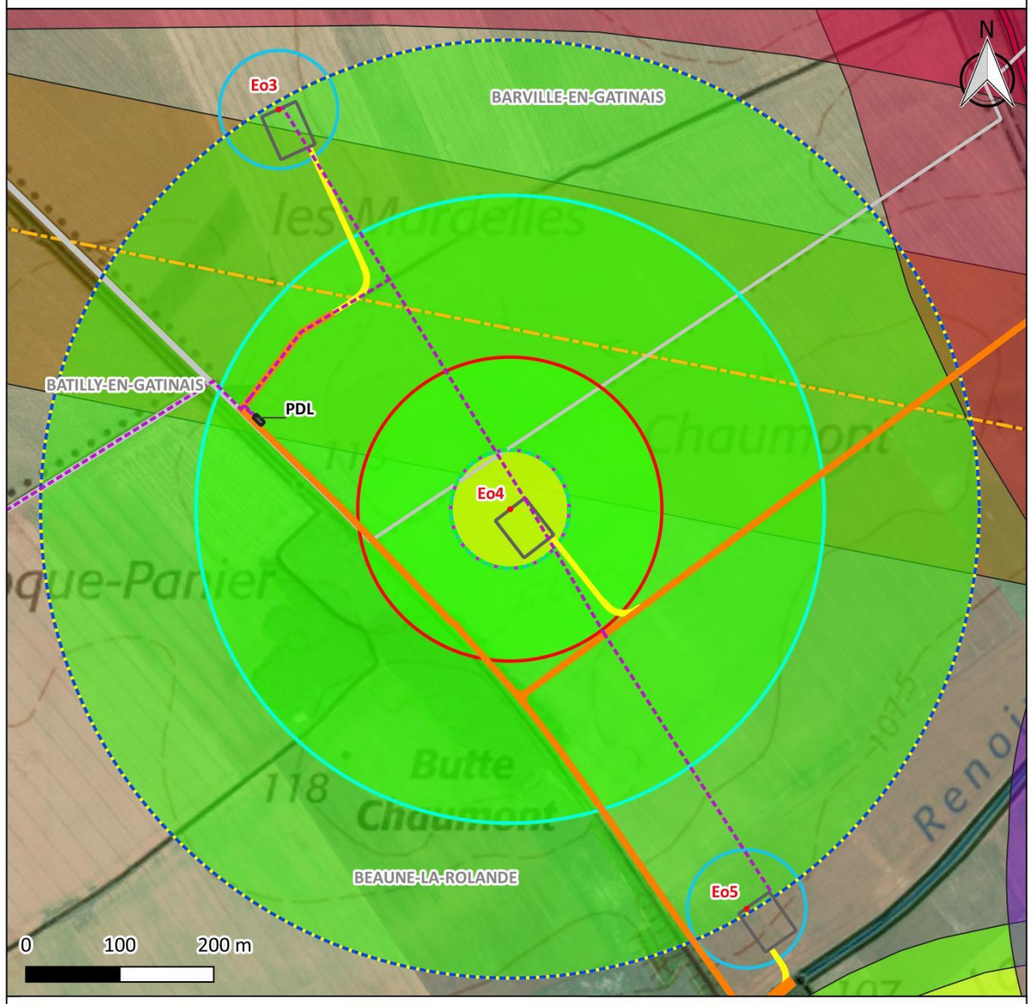


Tableau 63 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo3

Eo3	Chute de glace	Chute d'éléments	Effondrement	Projection de glace	Projection de pale
Zone d'effet (m)	63 m	63 m	162 m	334,5 m	500 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,03	0,03	0,11	0,40	30,12
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modérée	Modérée	Sérieuse	Modérée	Importante
Niveau du risque	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Faible

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo4



Légende

- Limite communale
- Aire d'étude - 500 m

Aménagements

- Eoliennes
- Zone de survol
- Poste de livraison
- Plateforme permanente
- Chemins d'accès à créer
- Chemins d'accès à renforcer
- Raccordement électrique interne

Urbanisme

- Distance de 500 m des habitations

Servitudes et réseaux

- Lignes électriques - 90 kV
- Distance de 162 m des lignes électriques

Réseau routier

- Route départementale
- Distance de 182 m autour des grands axes routiers
- Chemin

Site SEVESO

- Périmètre de recommandation
- Périmètre d'interdiction

Zone d'effet des risques

- Risque de chute de glace - 63 m
- Risque de chute d'élements - 63m
- Risque effondrement - 162 m
- Risque de projection de glace - 334,5 m
- Risque de projection de pale - 500 m

Niveau de risque

- Acceptable - très faible
- Acceptable - faible
- Non acceptable

Projet de parc éolien du Bois de Chaumont

COORDS - L93 — 30/03/2021
FORMAT A4 - — ÉCHELLE 1/5 400
Géoportail IGN 2018, Bouygues Telecom, RTE, Préfecture Loiret, IMAGIN'Ere, NCA Environnement

Tableau 64 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo4

Eo4	Chute de glace	Chute d'éléments	Effondrement	Projection de glace	Projection de pale
Zone d'effet (m)	63 m	63 m	162 m	334,5 m	500 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,03	0,03	0,13	0,45	0,96
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
Niveau du risque	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible

Cartographie de synthèse de l'éolienne Eo5

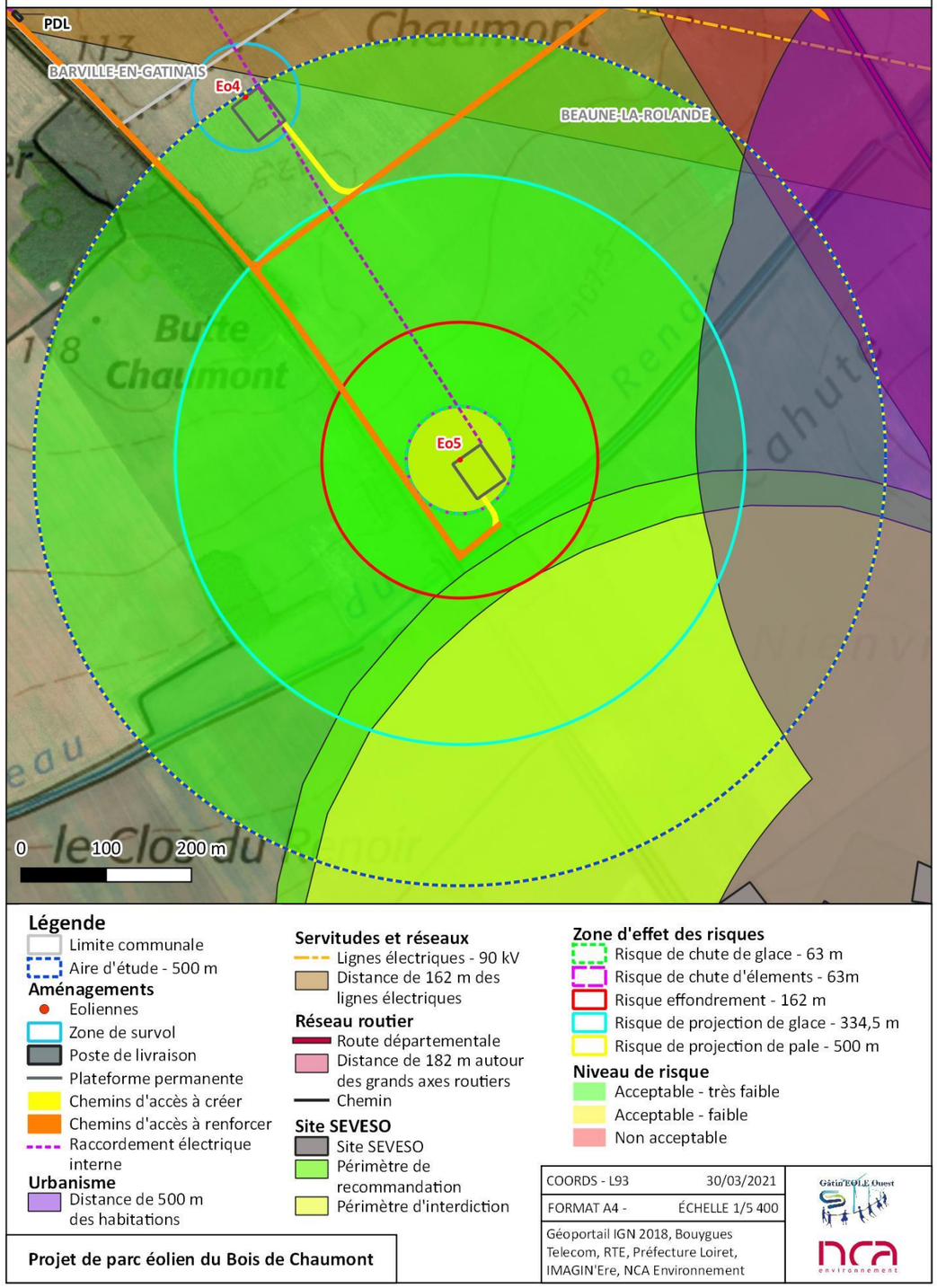


Tableau 65 : Récapitulatif des risques étudiés pour l'éolienne Eo5

Eo5	Chute de glace	Chute d'éléments	Effondrement	Projection de glace	Projection de pale
Zone d'effet (m)	63 m	63 m	162 m	334,5 m	500 m
Nombre de personnes permanentes exposées	0,03	0,03	0,14	0,44	0,95
Niveau d'intensité	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée
Gravité	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée	Modérée
Niveau du risque	Acceptable Faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible	Acceptable Très faible

IX. CONCLUSION

L'étude de dangers a permis de recenser l'ensemble des infrastructures et des activités présentes dans l'aire d'étude, définie dans un rayon de 500 m des éoliennes, ainsi que de rendre compte de la démarche de conception du projet de parc éolien, et d'analyse des différents risques engendrés.

Ainsi, parmi les principaux accidents majeurs identifiés, les scénarios retenus pour l'étude détaillée des risques sont :

- L'**effondrement d'une éolienne**, dont la probabilité d'occurrence est faible et la gravité modérée ;
- La **chute de glace**, dont la probabilité d'occurrence est fréquente et la gravité modérée ;
- La **chute d'élément d'une éolienne**, dont la probabilité d'occurrence et la gravité sont modérées ;
- La **projection de pale ou de fragments de pale**, dont la probabilité d'occurrence est faible et la gravité modérée à importante ;
- La **projection de glace**, dont la probabilité d'occurrence est importante et la gravité modérée à importante.

La projection de pale ou de fragment de pale possède un niveau de risque important. Toutefois, les résultats obtenus indiquent que les niveaux de risque de tous les scénarios sont très faibles (éoliennes Eo2, Eo4 et Eo5) à faibles (éoliennes Eo1 et Eo3) et considérés « acceptables ». Les zones d'effet sont limitées à un rayon maximal de 500 m (projection de pale). Aucune habitation n'est impactée.

Un ensemble de mesures de sécurité sera mis en œuvre par l'exploitant du parc éolien du Bois de Chaumont, afin de prévenir, voire limiter les conséquences de ces accidents potentiels :

- Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace ;
- Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace ;
- Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques ;
- Prévenir la survitesse ;
- Prévenir les courts-circuits ;
- Prévenir les effets de la foudre ;
- Protection et intervention incendie ;
- Prévention et rétention des fuites ;
- Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction / exploitation) ;
- Prévenir les erreurs de maintenance ;
- Prévenir la dégradation de l'état des équipements ;
- Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort.

Ces mesures de sécurité sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour l'ensemble des phénomènes dangereux retenus.

Cette étude de dangers a donc démontré que l'exploitation du parc éolien du Bois de Chaumont, réalisée dans le respect de la réglementation en vigueur, et notamment l'arrêté du 26 août 2011, présente des risques globalement très faibles à faibles et acceptables.

X. RESUME NON TECHNIQUE

Le résumé non technique de la présente étude de dangers est présenté dans le Volume 5 du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale.

ANNEXES

Annexe 1 : GLOSSAIRE *81*
Annexe 2 : ABRÉVIATIONS & SIGLES *83*
Annexe 3 : MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE *84*
Annexe 4 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE *86*
Annexe 5 : SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES *98*
Annexe 6 : PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL *101*
Annexe 7 : BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES *102*

Annexe 1 : GLOSSAIRE

Afin de faciliter la compréhension du présent dossier, le lecteur dispose ici des définitions des principaux termes techniques employés. La majorité des définitions provient de la circulaire du 10 mai 2010, présentée en début d'étude.

- **ACCIDENT :**
  Évènement 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 de cibles vulnérables exposées aux effets de ce phénomène.

- **AÉROGÉNÉRATEUR :**
  Système complet permettant de convertir l'énergie mécanique du vent en énergie électrique (synonyme : éolienne, turbine), composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

- **CINÉTIQUE :**
  Vitesse d'enchaînement des évènements constituant une séquence accidentelle, de l'évènement 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 mises à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

- **DANGER :**
  Propriété intrinsèque à une substance, à un système technique, à une disposition, à un organisme, 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).

- **EFFETS D'UN PHÉNOMÈNE DANGEREUX :**
  Caractéristiques des phénomènes physiques, chimiques, associés à un phénomène dangereux concerné : flux thermique, concentration toxique, surpression, etc.

- **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.

- **ÉNERGIES RENOUVELABLES :**
  Énergies primaires inépuisables à très long terme, car issues directement de phénomènes naturels, réguliers ou constants, liés à l'énergie du soleil, de la terre ou de la gravitation. Elles sont également plus « propres » que les énergies issues de sources fossiles (moins d'émissions de CO_2 et de pollution). Les principales énergies renouvelables sont : l'énergie hydroélectrique, l'énergie éolienne, l'énergie de biomasse, l'énergie solaire, la géothermie, les énergies marines.

- **ÉVENEMENT INITIATEUR (OU CAUSE) :**
  Évènement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'évènement 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.

- **ÉVENEMENT REDOUTE CENTRAL (ERC) :**
  Évènement 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 SECURITE :**
  Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un évènement 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.

- **GRAVITE :**
  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.

- **INDEPENDANCE D'UNE MESURE DE MAITRISE 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.

- **INTENSITE DES EFFETS D'UN PHENOMENE 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.

- **MAÎTRE D'OUVRAGE :**
  Personne physique ou morale, publique ou privée, pour le compte de laquelle l'ouvrage est réalisé. Il peut également être appelé « pétitionnaire » ou « porteur de projet ».

- **MÉGAWATT (MW), KILOWATT (kW) :**
  Unité de mesure de puissance ou de flux énergétique : quantité d'énergie consommée ou produite par unité de temps (1 MW = 1 000 kW). Un watt équivaut à un transfert d'énergie d'un joule par seconde.

- **MÉGAWATTHEURE (MWh), KILOWATTHEURE (kWh) :**
  Unité de mesure de l'énergie électrique consommée ou produite pendant 1 heure (1 MWh = 1 000 kWh).

- **MESURE DE MAITRISE DES RISQUES MMR (OU BARRIERE DE SECURITE) :**
  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.

- **PHENOMENE 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 ».

- **POSTE DE LIVRAISON (ou STRUCTURE DE LIVRAISON) :**
  Point de raccordement du parc éolien au réseau de distribution de l'électricité, constituant la limite entre le réseau interne (privé) et le réseau externe (public).

- **POSTE DE RACCORDEMENT :**
  Poste électrique sur lequel se réalise la livraison du courant, au lieu d'être effectuée sur une ligne électrique, afin de ne pas perturber le réseau électrique (synonyme : poste source).

- **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.

- **PREVENTION :**
  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.

- **PROBABILITE 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).

- **REDUCTION 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/CEI73), « Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51).

- **SCENARIO 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.

- **SURVITESSE :**
  Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Annexe 2 : ABRÉVIATIONS & SIGLES

Afin de faciliter la compréhension du présent dossier, le lecteur dispose ici de la signification des principales abréviations utilisées.

ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AEP	Alimentation en Eau Potable
APR	Analyse Préliminaire des Risques
ARS	Agence Régionale de Santé
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
DDAE	Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale
DDRM	Dossier Départemental des Risques Majeurs
DDT	Direction Départementale des Territoires
DGEC	Direction Générale de l'Énergie et du Climat
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EDD	Étude De Dangers
ERP	Établissement Recevant du Public
FEE	France Energie Éolienne (branche éolienne du SER)
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INB	Installation Nucléaire de Base
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
MEDDE	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2012-2014)
MEEDDM	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (2007-2010)
MEDDTL	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (2010-2012)
MEEM	Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2016-2017)
MTES	Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (auj.)
PDIPR	Plan Départemental des Itinéraires de Promenades et de Randonnées
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PPRI	Plan de Prévention des Risques Inondations
PPRN	Plan de Prévention des Risques Naturels
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
SDIS	Service Départemental d'Intervention et de Secours
SER	Syndicat des Energies Renouvelables
SRE	Schéma Régional Éolien
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
ZDE	Zone de Développement Éolien

Annexe 3 : 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 (*paragraphe 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 véhicules/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	8
3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400

- **Voies ferroviaires**

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

- **Voies navigables**

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

- **Chemins et voies piétonnes**

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

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

LOGEMENTS

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

ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

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.
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 rencontrera pas 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 4 : TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Les dernières lignes (en jaune) ont été ajoutées suite à la consultation en septembre 2021 de la base de données ARIA. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et mi-2021. L'analyse de ces données est présentée dans le *paragraphe VI* de la présente étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	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	Brise d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-	-
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	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	42882	-
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)	26119	-
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)	29388	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base de données ARIA Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	42887	-
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 2,5 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)	-	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	-	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	29385	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	-	Information peu précise
Base de données ARIA	07/10/2006	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	Base de données ARIA Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	42891	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonnes de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pied de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Base de données ARIA Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	42909	-
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 137 km/h)	Base de données ARIA Article de presse (La Voix du Nord)	42895	-
Chute 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	02/03/2007	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	Base de données ARIA Site FED Interne exploitant	43107	-
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.	Base de données ARIA Article de presse (Le Télégramme)	42896	-
Emballement	10/03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	34340	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/04/2008	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 1000 m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Base de données ARIA Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	42884	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	19/07/2008	Erise-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	Base de données ARIA Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	42904	-
Incendie	21/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Base de données ARIA Dépêche AFP 28/08/2008	43109	-
Chute 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	35814	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bolléne	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	-	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Base de données ARIA Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	42906	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	37601	-
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 entrainant 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	Base de données ARIA Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	38999	-
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.		Base de données ARIA Interne SER-FEE	29464	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		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	-	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
							d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau. Aucun blessé.				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	04/01/2012	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	Base de données ARIA Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	41578	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	-	-	-	Arc électrique pendant une opération de maintenance. Blessure de deux sous-traitants (grave et léger) Les victimes portaient leurs EPI lors des faits.		Base de données ARIA	41628	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Chute de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	-	-	-	Mise en arrêt automatique d'une éolienne puis défaut de vibration. Présence d'un impact sur le mât et projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Périmètre de sécurité de 100 m.	Foudre	Base de données ARIA	43841	-
Chute de pale	18/05/2012	Fresnay-L'Evêque	Eure-et-Loir	2	2008	-	Chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub	Défaillance technique (corrosion)	Base de données ARIA	42919	-
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Aérogénérateur à l'arrêt pour réparations au moment des faits	Rafales de vent à 130 km/h	Base de données ARIA	43110	-
Chute d'élément	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	-	Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc		Base de données ARIA	43120	-
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	-	-	-	Départ de feu en pied d'éolienne, et propagation de court-circuit entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Mise en place d'un balisage de sécurité. Chute de pale et incendie de 80 m² de garrigue environnante.	Dysfonctionnement de l'armoire électrique	Base de données ARIA	43228	-
Rupture de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	-	-	-	Rupture d'une pale. Périmètre de sécurité de 30 m au pied de l'éolienne.		Base de données ARIA	43576	-
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	-	2011	-	Départ de feu dans la nacelle d'une éolienne. Mise en place d'un périmètre de sécurité de 150 m. Chute de pale. Ecoulement de 450 L d'huile de boîte de vitesse induisant la réalisation d'une étude de pollution.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	43630	-
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	-	-	-	Déchirure de 6 m de longueur sur une pale. Destruction du boîtier basse tension et du parafoudre en tête d'installation au poste de livraison et endommagement des	Foudre	Base de données ARIA	45016	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
							installations du réseau électrique et téléphonique. Mise en place d'un périmètre de sécurité.				
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	-	-	-	Blessure d'un opérateur de maintenance par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient (accumulateur sous pression).	Défaillance organisationnelle	Base de données ARIA	44150	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Déversement d'huile hydraulique	03/08/2013	Moreac	Morbihan	-	-	-	Fuite de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance. Pollution de 80 m² de sol.	Perte de confinement, étanchéité (sans rupture)	Base de données ARIA	44197	-
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	-	-	Départ de feu sur la partie moteur d'une éolienne. Isolation électrique du parc, mise en place d'un périmètre de sécurité de 300 m. Le feu s'est éteint de lui-même, sans se propager. Destruction de la nacelle impliquant le démantèlement de l'éolienne.	Incident électrique ?	Base de données ARIA	44831	-
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	-	-	-	Chute de pale de 20 m au pied du mât. Périmètre de sécurité de 100 m établi autour de l'éolienne.	Défaillance technique	Base de données ARIA	44870	-
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	-	-	-	Chute d'une pale au pied d'une éolienne lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. Projection de certains débris à 150 m. Mise en place d'un périmètre de sécurité et fermeture de la voie d'accès.	Tempête	Base de données ARIA	45960	-
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	-	-	-	Bris de pale : une des 2 parties de l'aérofrein (3 m de long) est retrouvée à 80 m du mât. La deuxième partie est toujours sur la pale. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de la pale).	Défaillance matérielle	Base de données ARIA	46030	-
Incendie	29/01/2015	Rémigny	Aisne	-	-	-	Départ de feu dans une éolienne en phase de test. Dommages matériels sont estimés à 150 k€.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance provoquant un arc électrique	Base de données ARIA	46304	-
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	-	-	-	Départ de feu au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens.		Base de données ARIA	46237	-
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	-	-	-	Départ de feu sur le moteur d'une éolienne à 90 m de hauteur		Base de données ARIA	47062	-
Chute de pale	10/11/2015	Menil-la-Horgne	Meuse	-	-	-	Chute des 3 pales et du rotor d'une éolienne. Endommagement du transformateur électrique à son pied. Débris disséminés sur 4 000 m². Sécurisation de la zone.	Défaut de fabrication de l'arbre lent	Base de données ARIA	47377	-
Rupture de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	-	-	-	Rupture et chute de l'aérofrein d'une des 3 pales. Aucun blessé et aucun dégât matériel.	Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein	Base de données ARIA	47675	-
Chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	0,3	-	1999	Chute de pale lors d'une tempête (vents à 160 km/h), une autre se déchire. Pale rompue retrouvée à 40 m du pied du mat. Mise en place d'un périmètre de sécurité de 500 m.	Tempête	Base de données ARIA	47680	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes d'Armor	-	-	-	Rupture et chute d'une des pales d'une éolienne à 5 m du pied du mât. Arrêt automatique de la turbine et balisage de la zone. Endommagement du mât dans sa partie haute. Projection de gros débris sur 50 m.	Rupture du système d'orientation	Base de données ARIA	47763	-
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	-	-	-	Écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Mise à l'arrêt et utilisation d'adsorbants. 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.	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne	Base de données ARIA	48264	-
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	-	-	-	Départ de feu au niveau du rotor d'une éolienne. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Intoxication légère par les fumées	Défaillance électrique	Base de données ARIA	48426	-
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	-	-	-	Départ d'incendie dans la tête de l'éolienne à 80 m de haut. Pas de propagation, aucun blessé.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	48471	-
Maintenance	14/09/2016	Les Grandes Chapelles	Aube	-	-	-	Électrisation d'un employé électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Blessé léger.		Base de données ARIA	48588	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fissure sur une pale	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord	-	-	-	Fissure constatée sur une pale d'une éolienne. Arrêt de l'installation. Dommage réduit et réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement.	Défaut matériel	Base de données ARIA	49413	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Rupture de pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	-	2002	-	Chute de 3 pales d'une éolienne. Débris collectés autour du mat de 40 m. Des impacts sur le mat sont visibles. Mise en place de barrières et sécurisation de l'accès.	Vitesse de rotation excessive sur une éolienne mise à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent : la rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique.	Base de données ARIA	49104	-
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	-	-	-	Chute de pale (2/3 brisés, avec armature toujours en place). Essentiel des débris retrouvés à moins de 90 m du mât, les plus lourds à moins de 27 m.	Tempête	Base de données ARIA	49151	-
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	-	-	-	Projection de fragments de pale à 150 m du mât, haut de 78 m. Aucun blessé, ni dégâts. Les autres éoliennes du parc sont vérifiées.	Défaut de fabrication sur la pale	Base de données ARIA	49374	-
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	-	2011	-	Rupture de la pointe d'une pale d'éolienne. L'exploitant la retrouve au sol en 3 morceaux à 200 m de l'éolienne. Aucun blessé	Orage violent (rafale de vent extrême)	Base de données ARIA	49359	-
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	-	-	-	Départ de feu dans la nacelle d'une éolienne. Mise en sécurité du parc, coupure de la circulation sur la RN154. Le feu s'éteint seul. Destruction de la nacelle, du rotor et d'une partie des pales et du haut du mât et chute d'éléments au sol, aboutissant au démantèlement de l'éolienne et à une surveillance de l'environnement.	Défaut des condensateurs du boitier électrique situé dans la nacelle.	Base de données ARIA	49746	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	08/07/2017	Aussac-Vadalle	Charente	-	-	-	Chute d'une partie de pale. Débris collectés dans une zone de 50 à 100 m du mât, mise en place d'un balisage	Foudre	Base de données ARIA	49768	-
Rupture de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas de Calais	-	-	-	Rupture et chute d'une pale au pied du mat de l'éolienne. Débris projetés dans un rayon de 20 m.		Base de données ARIA	49902	-
Rupture de pale	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	-	-	-	Rupture d'un aérofrein et chute au pied du mât de 49 m. Clôture du site endommagée.	Problème de montage ou présence de vibration en fonctionnement	Base de données ARIA	50291	-
Rupture de pale	05/08/2017	Priez	Aisne	-	-	-	Rupture de pale et chute au sol. Débris retrouvés au pied du mât. Accès sécurisé et surveillance de la zone.		Base de données ARIA	50148	-
Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	Roman	Eure	-	-	-	Chute du carénage de la pointe de la nacelle. Mise à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien.	Défaut d'assemblage des boulonnages du carénage. Non-respect de la procédure lors du montage des turbines.	Base de données ARIA	50694	-
Maintenance	26/10/2017	Le Champ aux roches	Ardennes	2,3	2008	Oui	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance. Circonstances non encore établies, une enquête a été ouverte	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)	ABO Wind	-	-
Chute d'une éolienne	01/01/2018	Bouin	Vendée	-	2003	-	Chute du mât de 60 m qui se brise en 2. Débris éparpillés sur une surface assez importante. Rotor enfoncé dans le sol. Périmètre de sécurité et mise en place d'un gardiennage.	Tempête Carmen : erreur d'interprétation des données pour replacer l'éolienne, ce qui augmente une augmentation trop rapide du rotor.	Base de données ARIA	50913	-
Chute d'une pale	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	2	-	-	Rupture de l'extrémité d'une pale et chute d'un morceau de 20 m. Zone sécurisée. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. mise en place d'un gardiennage.	Épisode venteux.	Base de données ARIA	50905	-
Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	06/02/2018	Conilhac-corbieres	Aude	-	-	-	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'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute	Défaut électronique	Base de données ARIA	51122	-
Défaillance mécanique d'une éolienne	08/03/2018	Villers-grelot	Doubs	-	-	-	Dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement.	Défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide	Base de données ARIA	53153	-
Incendies criminels dans un parc éolien	01/06/2018	Marsanne	Drome	-	-	-	Feu qui se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle.	Origine de l'événement est criminelle (les portes d'accès aux éoliennes ont été fracturées)	Base de données ARIA	51675	-
Incendie d'éolienne	05/06/2018	Aumelas	Herault	-	-	-	Feu dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. La végétation est brûlée sur 50m².	Dysfonctionnement électrique	Base de données ARIA	51681	-
Chute des extrémités de 2 pales d'une éolienne	04/07/2018	Port-la-nouvelle	Aude	-	-	-	Avarie constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments sont projetés à 150 m du mât après s'être décrochées.	-	Base de données ARIA	51853	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie d'éolienne propagé à la végétation	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	-	-	-	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. La machine est démantelée début novembre. 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, ont brûlé.	Acte de malveillance	Base de données ARIA	52641	-
Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne	17/10/2018	Flers-sur-noye	Somme	-	-	-	Fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. 150 l d'huiles sont récupérés.	Mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive	Base de données ARIA	52498	-
Effondrement d'une éolienne	06/11/2018	Guigneville	Loiret	3 Mw	-	-	Effondrement d'une éolienne d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs.	Sur-vitesse de rotation des pales de l'éolienne conduisant à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement	Base de données ARIA	52558	-
Chute de 3 aérofreins dans un parc éolien	18/11/2018	Conilhac-corbieres	Aude	-	-	-	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât.	Défaut électronique	Base de données ARIA	52653	-
Chute d'une pale d'éolienne	19/11/2018	Ollezy	Aisne	-	-	-	Rupture d'une pale d'une éolienne.	-	Base de données ARIA	52638	-
Incendie sur une éolienne	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	-	-	-	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur.	Une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie.	Base de données ARIA	52838	-
Chute d'un bout de pale de l'éolienne	17/01/2019	Bambiderstroff	Moselle	-	-	-	Une pale d'éolienne se rompt. Deux morceaux, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre), chutent au sol. Celui de 28 m est projeté à 100 m de l'éolienne	Défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale	Base de données ARIA	52967	-
Incendie dans un parc éolien	20/01/2019	Roussas	Drôme				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.	Base de données ARIA	52993	-
Rupture de mât d'une éolienne	23/01/2019	Boutavent	Oise	-	-	-	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 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.	Base de données ARIA	53010	-
Chute d'une pale d'éolienne	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	-	-	-	Une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Plusieurs vis provenant du moyeu à roulement de la pale sont retrouvées au sol.	Corrosion	Base de données ARIA	53139	-
Éolienne touchée par la foudre	02/04/2019	Equancourt	Somme	-	-	-	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.	Foudre	Base de données ARIA	53429	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie sur une éolienne	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme	-	-	-	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.	Court-circuit sur un condensateur	Base de données ARIA	53867	-
Feu de moteur d'éolienne	25/06/2019	Ambon	Morbihan	10,02	2008	-	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	Fuites d'huile constatées en 2015 et 208 sans avoir été nettoyées.	Base de données ARIA	53860	-
Chute d'un bout de pale d'une éolienne	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne	-	-	-	Une pale présente un angle anormal. 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. L'éolienne est arrêtée à distance.	-	Base de données ARIA	53894	-
Impact de foudre sur une pale d'éolienne	03/07/2019	Sigean	Aude	-	-	-	Une éolienne d'un parc s'arrête automatiquement à la suite d'une alarme vibration provoquée par un impact de foudre. Un impact sur le milieu de la pâle et une ouverture du bout de pâle sur 2 m sont constatés.	Alarme vibration provoquée par un impact de foudre.	Base de données ARIA	53955	-
Chute d'aérofreins en bout de pale d'une éolienne	04/09/2019	Escales	Aude	-	-	-	L'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. Cet arrêt est anormalement brutal si bien que 2 aérofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne. L'un est retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m.	-	Base de données ARIA	54407	-
Chute du capot de la nacelle d'une éolienne	28/11/2019	Hangest-en-Santerre	Somme	-	-	-	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.	-	Base de données ARIA	54761	-
Perte de contrôle d'une éolienne lors d'une mise en service	06/12/2019	Avelanges	Côte-d'Or	-	-	-	Une éolienne se met à tourner malgré l'absence de raccordement électrique lors de sa mise en service.	Erreur de positionnement des angles des pales la veille de l'accident et présence de vent violent	Base de données ARIA	54898	L'exploitant renforce la procédure de positionnement des pales avec un contrôle extérieur obligatoire malgré le brouillard ou l'obscurité.
Chute d'une partie de la pale d'une éolienne	09/12/2019	La-Forêt-de-Tesse	Charente	-	-	-	Chute d'un bout de pale de 7 m d'une des 12 éoliennes du parc. La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (2 points de rupture). Des débris solides (fibres de verre, fibres de carbone, PVC) sont projetés sur 2 parcelles agricoles aux alentours. Un morceau de 30 m tombe suite aux forts vents.	-	Base de données ARIA	54810	-
Fumée blanche au niveau d'une éolienne	16/12/2019	Poinville	Eure-et-Loir	-	-	-	Un feu sans flamme se déclare sur une éolienne d'un parc éolien. 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.	Base de données ARIA	54985	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie sur une éolienne	17/12/2019	Ambonville	Haute-Marne	-	-	-	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	Base de données ARIA	54820	-
Chute d'un joint de pale d'une éolienne	22/01/2020	Saint-Seine-L'Abbaye	Côte-d'Or	-	-	-	Détachement d'un joint qui permet principalement de diminuer les turbulences au niveau du rotor.	Défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps	Base de données ARIA	55331	-
Endommagement d'une nacelle d'éolienne lors d'une tempête	09/02/2020	Wancourt	Pas-de-Calais	-	-	-	Le lendemain du passage de la tempête Ciara, des dommages sont visibles au niveau de l'aileron de la nacelle d'une éolienne.	Passage de la tempête Ciara	Base de données ARIA	55227	-
Rupture d'une pâle d'éolienne lors du passage d'une tempête	09/02/2020	Beaurevoir	Aisne	-	-	-	Une pâle d'une éolienne située dans un parc composé de 5 machines se brise lors du passage de la tempête Ciara. Des débris de pâles 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. Une société spécialisée collecte les différents fragments, estimés à 800 kg.	Passage de la tempête Ciara	Base de données ARIA	55055	-
Casse d'une pale d'une éolienne	12/02/2020	Priez	Aisne	-	-	-	La pale d'une éolienne se casse.	Casse est due à un défaut de réparation au niveau du bord de fuite	Base de données ARIA	56765	-
Rupture d'une pale sur une éolienne	26/02/2020	Theil-Rabier	Charente	-	-	-	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. 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'hypothèse de rupture est liée à un défaut interne de la pale.	Base de données ARIA	55311	-
Incendie sur une éolienne	29/02/2020	Boisbergues	Somme	-	-	-	Un feu se déclare au niveau du moteur d'une éolienne.	Fuite d'huile	Base de données ARIA	55133	-
Incendie d'une nacelle d'une éolienne	24/03/2020	Flavin	Aveyron	-	-	-	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. 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.	-	Base de données ARIA	55294	-
Dégradation aggravée de la structure d'une éolienne	31/03/2020	Lehaucourt	Aisne	-	-	-	Une fissure sur la pale d'une éolienne est constatée.	Défaut de collage au moment de la fabrication de la pale Intempéries ont aggravé cette dégradation	Base de données ARIA	55584	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Ecoulement d'huile hydraulique le long d'une éolienne	10/04/2020	Ruffiac	Morbihan	-	-	-	Une fuite d'huile hydraulique est constatée au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 litres d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation.	Défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne	Base de données ARIA	55360	-
Incendie d'une éolienne au sol pour démantèlement	20/04/2020	Le Vauclin	Martinique	-	-	-	Un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement. L'incendie se propage aux broussailles à proximité.	Huile du générateur a pris feu	Base de données ARIA	55465	-
Pliure d'une éolienne	30/04/2020	Plouarzel	Finistère	-	-	-	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. 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'éventualité d'un impact de foudre n'est pas écartée, ou d'une mauvaise orientation des pales, qui a pu entraîner un défaut généralisé ou 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.	Base de données ARIA	55641	-
Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne	07/06/2020	Lehaucourt	Aisne	-	-	-	Une fuite d'huile hydraulique se produit au niveau de la boite de vitesse située dans la nacelle d'une éolienne. Le fond de la nacelle n'est pas pourvu de rétention, l'huile s'écoule le long du mât.	Fuite due à la rupture d'un flexible de lubrification hydraulique pour refroidissement de la boite de vitesse Fragilité dans la structure même du flexible	Base de données ARIA	56437	-
Chute au sol d'une pale complète d'éolienne	27/06/2020	Plemet	Côtes-d'Armor	-	-	-	Une pale de 10 tonnes se détache du rotor d'une éolienne dans un parc éolien composé de 8 machines. Des débris de pâle (plastique, résine, carbone, fibre de verre, bois, composite…) sont retrouvés au sol dans un rayon de 40 m. Une partie des cultures (maïs) du champ attenant est endommagée.	Perte d'adhérence entre les inserts métalliques de liaison du pied de la pale au moyeu du rotor a conduit à la chute de la pale. La pale a glissé le long des tiges métalliques qui la relient au rotor.	Base de données ARIA	55650	-
Dégagement de fumée en nacelle d'une éolienne	01/08/2020	Issanlas	Ardèche	-	-	-	Un dégagement de fumée au niveau de la nacelle d'une éolienne est constaté. Des débris tombent au pied de l'éolienne. Les résidus en combustion tombés au sol provoquent 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.	Dégagement de fumées résultant de l'échauffement des pièces de protection (vernis, carters en plexiglas, carcasse en caoutchouc) de la génératrice de l'éolienne.	Base de données ARIA	55984	-
Fuite d'huile sur une éolienne	01/09/2020	Bouchy-Saint-Genest	Marne	-	-	-	Une fuite d'huile est constatée sur l'une des éoliennes d'un parc éolien. Le produit a atteint le sol au pied du mât. L'exploitant estime la quantité ayant fui à 20 litres.	La fuite proviendrait d'un flexible allant d'un accumulateur à un collecteur de deux pales	Base de données ARIA	56309	-
Fuite d'huile sur une éolienne	11/12/2020	Charmont-en-Beauce	Loiret	-	-	-	Une fuite d'huile se produit au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'huile ruisselle le long du mât.	La fuite d'huile provient de la vanne de prélèvement d'huile restée ouverte pendant plusieurs heures. Au cours d'une intervention dans la nacelle, la manipulation d'objets aurait provoqué l'ouverture involontaire de cette vanne.	Base de données ARIA	56492	-

Type d'accident	Date	Nom du parc / Commune	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	N° ARIA	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'une pale d'éolienne	12/01/2021	Saint-Georges-sur-Arnon	Indre	-	-	-	Une pale d'une éolienne se disloque partiellement. La pale est en position verticale, déchirée depuis la base. Des lanières de matériau pendent le long du mat. La nacelle et les 2 autres pales de l'éolienne sont endommagées. Des débris sont retrouvés au sol dans un rayon de 100 m.	Lors de l'incident, l'éolienne était soumise à des vitesses de vent (entre 10 et 15 m/s). Le système régulation de la puissance produite par le système d'orientation des pâles (pitch contrôle) était inopérant, l'éolienne est entrée en survitesse.	Base de données ARIA	56597	-
Casse d'une pale d'une éolienne	12/02/2021	Priez	Aisne	-	-	-	La pale d'une éolienne se casse.	La casse est due à un défaut de réparation au niveau du bord de fuite (trou). La réparation a été effectuée par un technicien à l'issue de la fabrication. Aucun système instrumenté de sécurité n'a détecté la rupture de pale pouvant entraîner l'arrêt de la machine en sécurité.	Base de données ARIA	56765	-
Chute d'une pale d'éolienne	13/02/2021	Patay	Loiret	-	-	-	Une pale se détache d'une éolienne dans un parc éolien. Un arrachement de fibres de verre sur le bord de fuite de l'une des 3 pâles de la machine est constaté. Des lames de fibres de verre sont retrouvées à 30 m de la machine et des fragments jusqu'à 150 m.	Défaut de collage, soit en terme de répartition de la colle, soit en terme de qualité de la colle.	Base de données ARIA	56753	-

Annexe 5 : 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 le *paragraphe VII*. 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.

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

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels 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. À 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 (par exemple : 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 scenarios devant être regardés :

- 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 projet 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 dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, etc.).

Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant, etc., 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 autour de l'éolienne.

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

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Écoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.
- Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

Scénario F02

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

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Évènement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

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

Les scénarios 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 précédemment.

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. En cas de survitesse, les risque d'effondrement d'une éolienne est accentué.

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 6 : 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 (P) est le produit de plusieurs probabilités :

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

Avec :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Annexe 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 Éoliennes – 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 : Évaluation 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 Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin etal ;

[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.