

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

PROJET DE PARC ÉOLIEN DE FRÔLOIS
Commune de Frôlois (21)

Pièce n°3a : Étude de dangers *(PJ n°49)*

Maître d'ouvrage : SAS CPENR de Frôlois

ABO ENERGY

Réalisation :
Aelys Environnement

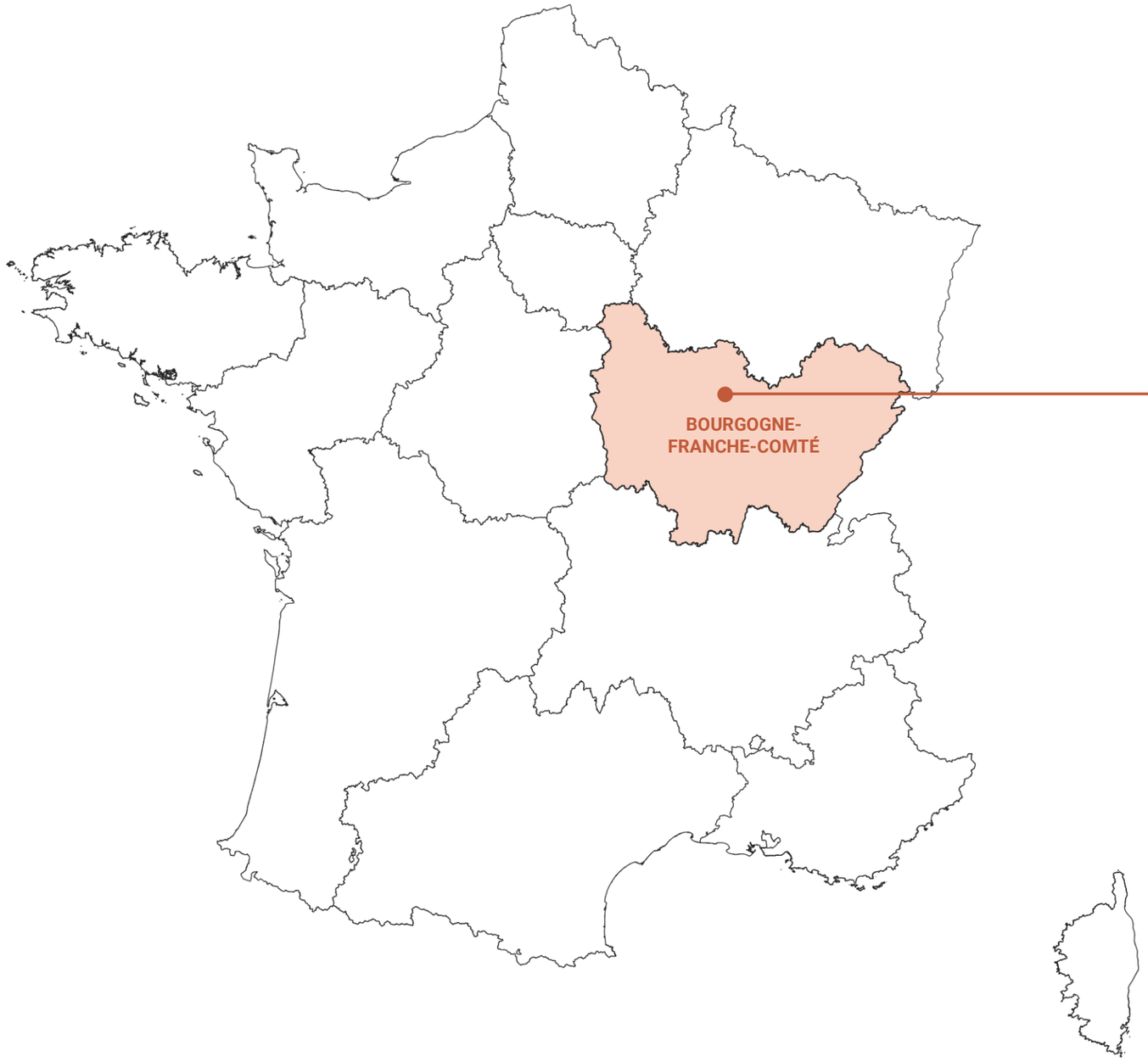
Aelys Environnement

Date d'édition (VF) :
Le 20 avril 2026

L’article L.181-25 du Code de l’environnement précise que les Dossiers de Demande d’Autorisation Environnementale d’Installations Classées pour la Protection de l’Environnement doivent comporter « *une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation* ».

Cette étude a pour objectif de justifier « *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.* » (D.181-15-2 du Code de l’environnement).

Note : Au cours du premier semestre 2024, la société ABO Wind AG et ses différentes filiales, notamment la filiale française ABO Wind SARL, ont changé de nom : le terme "ABO Wind" a été remplacé par "ABO Energy" afin d'exprimer plus clairement la diversité des compétences de l'entreprise. Si ces modifications ont été prises en compte dans la plupart des textes du présent dossier, certains documents et illustrations n'ont pas été corrigés en raison de l'impossibilité de les rectifier ou du temps notable nécessaire à leur reprise (documents officiels réalisés avant le changement de nom, cartes, schémas, tableaux, etc.). Ainsi, si la mention "ABO Wind" apparaît dans certaines parties du dossier, elle fait référence à "ABO Energy".

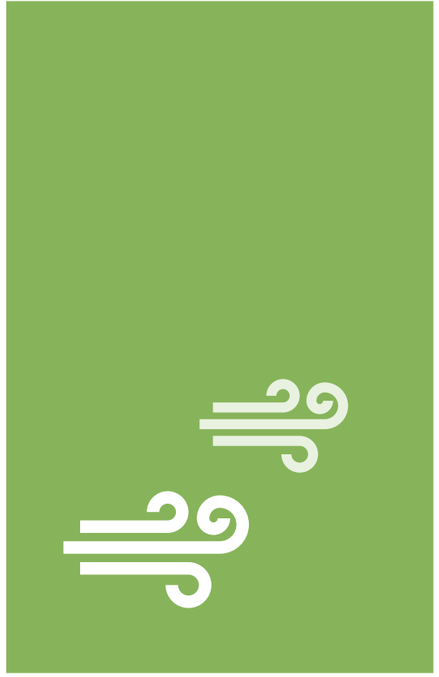


Projet de parc éolien de Frôlois

Département : Côte-d'Or (21)
Commune : Frôlois

Maître d'ouvrage : SAS CPENR de Frôlois
Chef de projet : Mme. Caroline WOLFF
Courriel : caroline.wolff@aboenergy.com

Bureau d'études : Aelys environnement
Responsable : M. François KINDLER
Courriel : f.kindler@aelys-environnement.fr



1

Préambule

1.1 Objectif du rapport 9

1.2 Le projet à l'étude 9

1.3 Contexte législatif et réglementaire 11

1.4 Principes méthodologiques 12

1.5 Rédacteur de l'étude 12



2

L'environnement de l'installation

2.1 Définition de la zone d'étude des dangers 15

2.2 Environnement humain ... 16

2.3 Environnement naturel 18

2.4 Environnement matériel .. 23

2.5 Fréquentation des enjeux identifiés 25

2.6 Synthèse 25



3

Description de l'installation

3.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien 31

3.2 Caractéristiques de l'installation à l'étude 34



4

Les potentiels de dangers du parc

4.1 Potentiels de dangers liés aux produits 43

4.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 43

4.3 Réduction des potentiels de dangers à la source 44



5

Analyse des retours d'expérience

5.1 Inventaire des accidents et incidents 47

5.2 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 50

5.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie 51

APR







6 Analyse préliminaire des risques

6.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques 55

6.2 Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques 55

6.3 Recensement des agressions externes potentielles 55

6.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques 56

6.5 Effets dominos 59

6.6 Mise en place des mesures de sécurité 59

6.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 63

7 Étude détaillée des risques

7.1 Critères de détermination 67

7.2 Paramètres de calculs 69

7.3 Évaluation de l'acceptabilité des risques 69

7.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques 76

8 Conclusion

CONCLUSION 81

9 Annexes

9.1 Méthode de comptage des personnes pour le détermination de la gravité potentielle d'un accident 85

9.2 Tableau de l'accidentologie française 86

9.3 Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques 103

9.4 Probabilité d'atteinte et risque individuel 104

9.5 Glossaire 105

9.6 Bibliographie et références utilisées 106

9.7 Table des illustrations .. 106

PRÉAMBULE

1

1.1 Objectif du rapport 9
1.2 Le projet à l'étude 9
1.2.1 Nature du projet 9
1.2.2 Localisation 10
1.2.3 Le maître d'ouvrage 10
1.3 Contexte législatif et réglementaire 11
1.3.1 Une ICPE soumise à autorisation environnementale 11
1.3.2 L'étude de dangers 11
1.4 Principes méthodologiques 12
1.4.1 Le guide technique pour l'élaboration des études de dangers de parcs éoliens 12
1.4.2 Démarche générale de l'étude de dangers 12
1.4.3 Intérêts visés par l'étude 12
1.5 Rédacteur de l'étude 12

1.1 OBJECTIF DU RAPPORT

De par sa nature et ses caractéristiques techniques, le projet de parc éolien à l'étude est référencé comme **Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumise au régime d'autorisation environnementale**.

Ce type d'installation répond à un cadre juridique précis imposant notamment au maître d'ouvrage de produire, dans le cadre de sa demande d'autorisation, **une étude de dangers, document dont l'objectif est de justifier que l'installation permet d'atteindre, dans des conditions économiques raisonnables, un niveau de risque jugé acceptable vis-à-vis de l'environnement et de la santé humaine, en cas d'accident.**

Cette analyse repose sur une méthodologie précise dont les principales étapes sont :

- l'identification des risques inhérents à l'installation en cas d'accident, qu'ils soient directs ou indirects et que la cause de l'accident soit interne ou externe ;
- l'évaluation de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité et de la gravité de ces accidents ;
- la définition et la justification des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre, si nécessaire, pour réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

La caractérisation des risques encourus par les personnes ou l'environnement se fait suivant une approche rationnelle et objective, en satisfaisant les objectifs suivants :

- améliorer la réflexion sur la sécurité dans l'enceinte de l'installation 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.



Illustration 1 : Le principe de l'étude de dangers (Source : Aelys Environnement)

1.2 LE PROJET À L'ÉTUDE

1.2.1 Nature du projet

Les **parcs éoliens** sont des installations de **production d'électricité à partir d'une source d'énergie renouvelable : le vent**.

Un parc éolien se compose :

- de plusieurs **éoliennes**, également appelées « aérogénérateurs ». Ce sont elles qui vont convertir l'énergie cinétique du vent en énergie électrique, ceci par la mise en mouvement de leur rotor, hélice à trois pales qui va entraîner, directement ou non, une génératrice produisant de l'électricité. Elles sont ancrées au sol grâce à une fondation enterrée ;
- d'un **réseau de câbles électriques enterrés** assurant le transport de l'électricité produite par les éoliennes vers le(s) point(s) de collecte de l'installation : le(s) poste(s) de livraison ;
- d'un ou de plusieurs **postes de livraison** : c'est depuis ces locaux techniques que l'électricité produite par le parc va être centralisée puis transférée vers le réseau public de distribution d'électricité, là aussi *via* des câbles enterrés. Le nombre de postes de livraison varie selon la puissance et la configuration de l'installation ;
- d'un **réseau de télécommunication enterré** permettant le suivi et le pilotage à distance de l'installation. Ce réseau est généralement enfoui dans la même tranchée que le réseau de câbles électriques ;
- de **pistes d'accès** carrossables assurant la desserte des aérogénérateurs et des postes de livraison. Au pied des éoliennes, ces pistes prennent souvent la forme de plateformes rectangulaires. Il s'agit des aires de montage des machines, aménagées lors de la construction du parc, qui sont généralement conservées par la suite afin de faciliter d'éventuelles interventions d'ampleur.

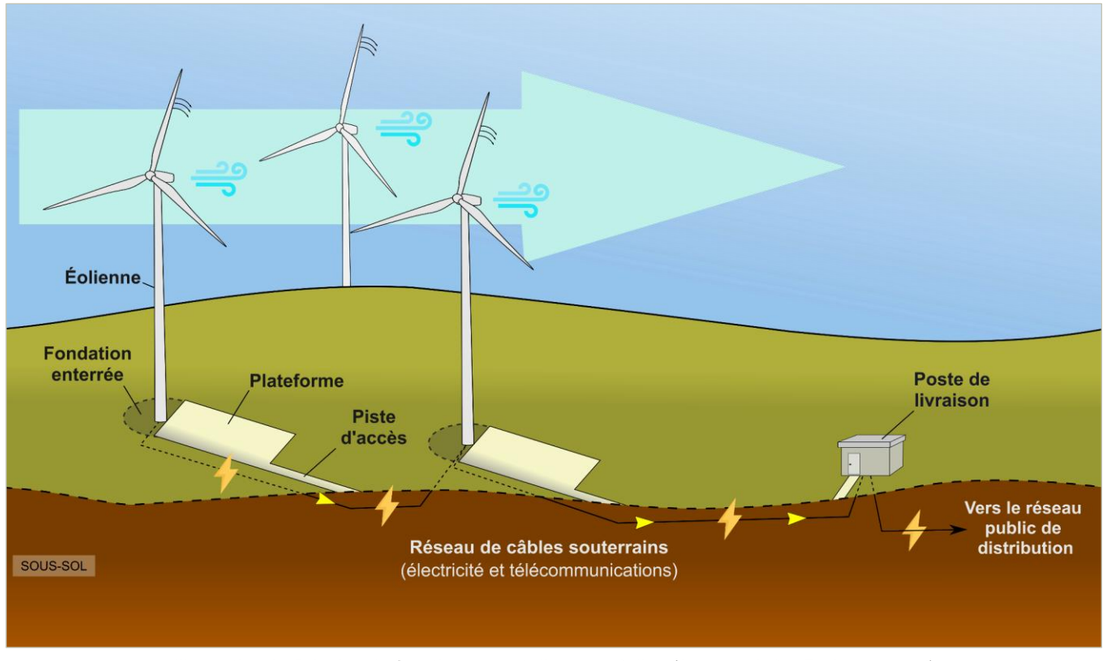
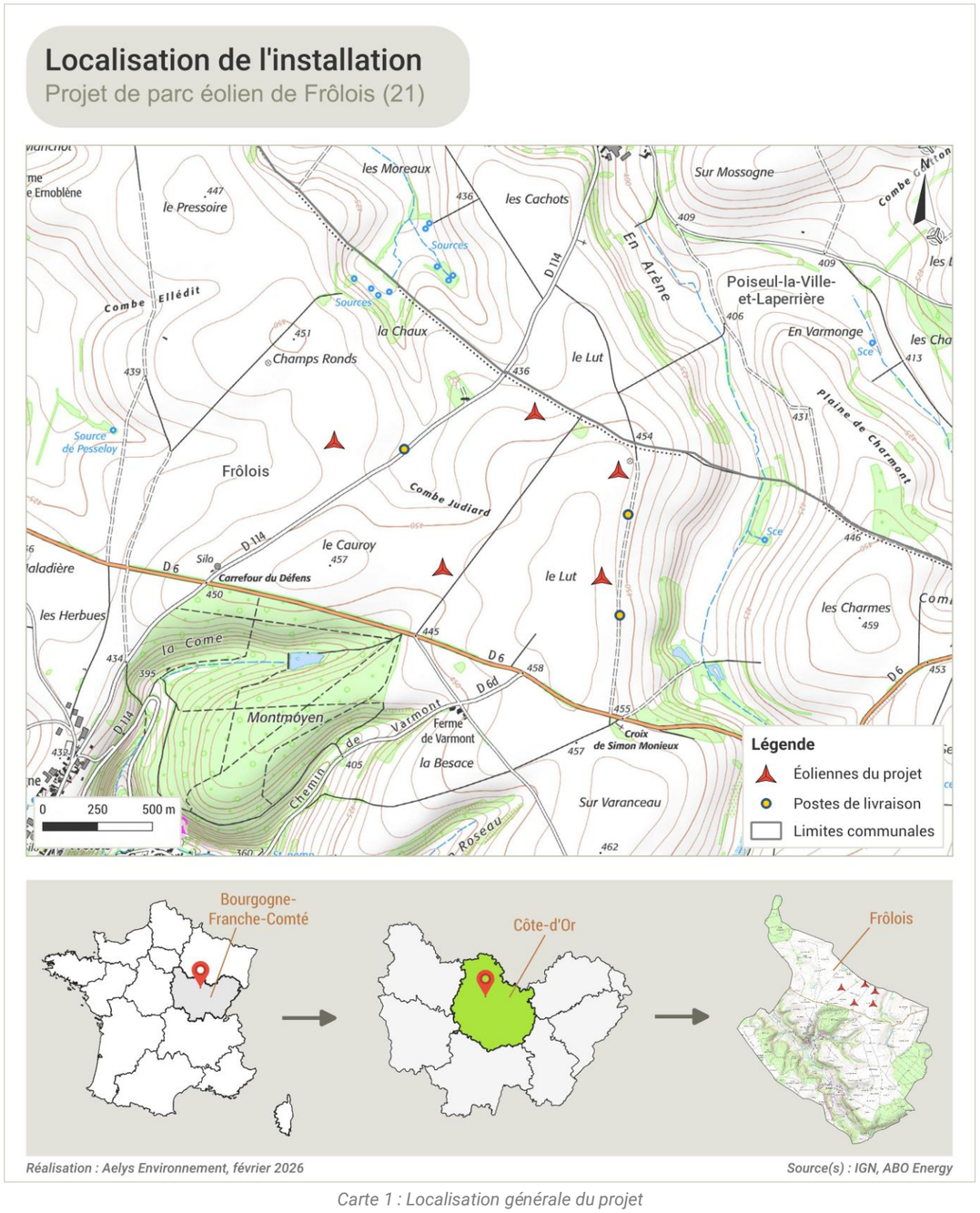


Illustration 2 : Principe de fonctionnement d'un parc éolien (Source : Aelys Environnement)

1.2.2 Localisation

Le projet de parc éolien de Frôlois s'inscrit au nord de la commune éponyme, au centre du département de la Côte-d'Or, en région Bourgogne-Franche-Comté.

Il est composé de cinq éoliennes et de trois postes de livraison.



Carte 1 : Localisation générale du projet

1.2.3 Le maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage du projet est la société par action simplifiée (SAS) CPENR de Frôlois. Cette entité, porteuse de la demande d'autorisation environnementale, est détenue à 100 % par ABO Energy KGaA (maison mère située en Allemagne) et gérée par sa filiale française ABO Energy France.

Les renseignements administratifs relatifs au maître d'ouvrage sont compilés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Références administratives du porteur de projet

SAS CPENR de Frôlois	
Dénomination ou raison sociale	CPENR de Frôlois
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée (SAS)
Numéro de SIRET	982 580 789 00013
Adresse du siège social	1, rue de la Soufflerie 31500 Toulouse

1.3 CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

1.3.1 Une ICPE soumise à autorisation environnementale

Depuis le 26 août 2011, **les parcs éoliens terrestres sont considérés comme des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)** [1], classement s'appliquant aux installations « *qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit :*

- *pour la commodité du voisinage ;*
- *pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques ;*
- *pour l'agriculture ;*
- *pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages ;*
- *pour l'utilisation économe des sols naturels, agricoles ou forestiers ;*
- *pour l'utilisation rationnelle de l'énergie ;*
- *pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique* »[2].

Suivant la gravité des dangers ou des inconvénients que peut présenter leur exploitation, ces installations sont soumises à des régimes de classements spécifiques qui vont déterminer le cadre juridique, technique et financier dans lequel l'installation peut être créée ou peut continuer à fonctionner. Ces régimes sont précisés dans une nomenclature annexée à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement.

Les parcs éoliens figurent à la rubrique n°2980 de la nomenclature ICPE. D'après son contenu, **le projet à l'étude est soumis au régime d'autorisation, dénommée autorisation environnementale**. Ce classement s'appuie sur le gabarit des aérogénérateurs qui équiperont le parc : ceux-ci dépasseront en effet 50 m de hauteur en sommet de nacelle, critère soumettant de façon systématique les installations éoliennes au régime précité.

L'autorisation environnementale s'applique aux « *installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients* »[3] pour les intérêts énumérés en début de chapitre. À ce titre, **les projets d'ICPE soumis à autorisation font systématiquement l'objet d'un Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE) dont l'étude de dangers est l'une des pièces constitutives** (cf. articles L.181-25 et D.181-15-2 du Code de l'environnement).

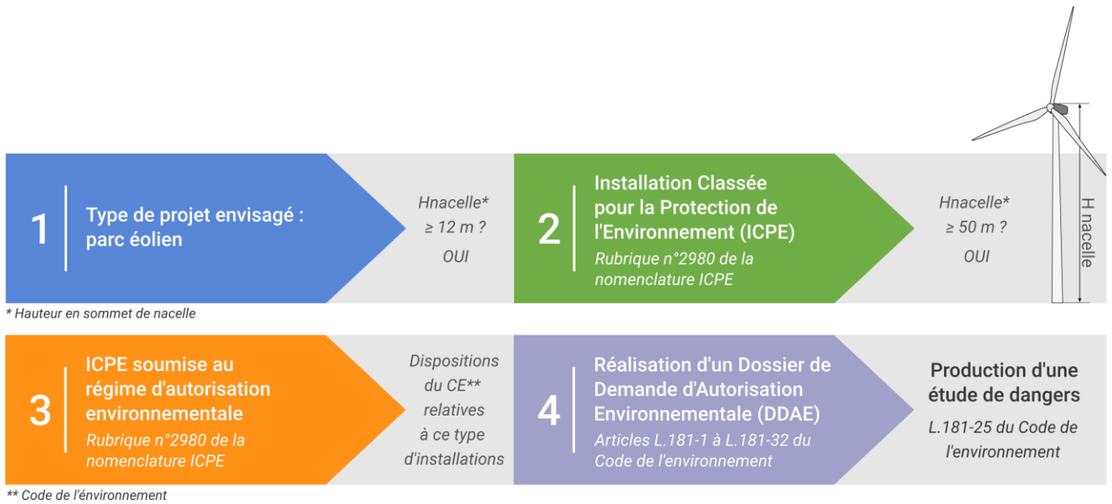


Illustration 3 : Processus réglementaire justifiant la réalisation d'une étude de dangers (Source : Aelys Environnement)

1.3.2 L'étude de dangers

1.3.2.1 Code de l'environnement

Selon l'article L.181-25 du Code de l'environnement, dans le cadre de la demande d'autorisation au titre des ICPE, le maître d'ouvrage du projet a pour obligation de fournir : « *une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 **en cas d'accident**, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.* ».

Des compléments sont apportés par le III de l'article D.181-15-2 du Code de l'environnement :

« *L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.*

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3.

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. […]

L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs. […] ».

1.3.2.2 Autres textes encadrant l'étude de dangers

En complément des articles précités, d'autres textes législatifs et réglementaires s'appliquent aux études de dangers, notamment en ce qui concerne les objectifs et la méthodologie à mettre en œuvre :

- Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- Arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

[1] Cas des installations disposant d'au moins un aérogénérateur dont la hauteur en sommet de nacelle est supérieure ou égale à 12 m.
[2] Conformément à l'article L.511-1 du Code de l'environnement.
[3] Cf. article L.512-1 du Code de l'environnement,

1.4 PRINCIPES MÉTHODOLOGIQUES

1.4.1 Le guide technique pour l'élaboration des études de dangers de parcs éoliens

La méthodologie appliquée dans le présent document ainsi que son contenu s'appuient sur le **guide technique « Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens »** publié en mai 2012 et validé par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS).

Il présente les méthodes et les outils nécessaires à la réalisation de l'étude (trame type à compléter, outils génériques d'évaluation des risques, etc.), dans le respect de la réglementation et du principe de proportionnalité.

Ce document a été réalisé par un groupe de travail constitué de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables (porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes) et de l'INERIS.

1.4.2 Démarche générale de l'étude de dangers

La démarche d'analyse des risques mise en œuvre par le guide est détaillée ci-après, suivant un ordre chronologique :

- identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.). Cette étape s'appuie sur la description et la caractérisation de l'environnement ;
- connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent. Cette étape s'appuie sur une description des installations et de leur fonctionnement.
- identifier les potentiels de danger. Cette phase s'appuie sur une identification des éléments techniques et la rechercher de leurs dangers. Suit une étape de réduction / justification des potentiels ;
- connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.). Cette étape s'appuie sur un retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs) ;
- analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles (qui se sont produits et qui pourraient se produire). Cette étape utilise notamment les outils d'analyses de risques classiques (tableaux d'Analyse Préliminaire des Risques par exemple) ;
- caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité. C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.
- réduire le risque si nécessaire. Cette étape s'appuie sur des critères d'acceptabilité du risque : si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant.
- représenter le risque. Cette étape s'appuie sur une représentation cartographique.

Cette démarche est appliquée dans le présent document avec pour objectif final de **démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant**.

1.4.3 Intérêts visés par l'étude

Comme indiqué en page précédente, l'article L.181-25 du Code de l'environnement précise que l'analyse effectuée dans le cadre de l'étude de dangers doit porter sur les risques pouvant exposer les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 du Code de l'environnement, à savoir : la commodité du voisinage ; la santé, la sécurité et la salubrité publiques ; l'agriculture ; la protection de la nature, de l'environnement et des paysages ; l'utilisation économe des sols naturels, agricoles ou forestiers ; l'utilisation rationnelle de l'énergie ; la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.

À ce sujet, le guide technique précise que, dans le cadre des études de dangers, « *l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.* ».

> ***Ainsi, conformément aux préconisations du guide technique, la présente étude de dangers se concentrera principalement sur les dommages aux personnes en cas d'évènement accidentel survenant sur l'installation en fonctionnement.***

1.5 RÉDACTEUR DE L'ÉTUDE

La CPENR de Frôlois a confié la réalisation du présent document au bureau d'étude Aelys Environnement, spécialisé dans les études réglementaires de projets de parcs éoliens terrestres.

Tableau 2 : Personne en charge de la réalisation de l'étude de dangers

Nom et qualité de l'expert	Entreprise	Missions effectuées
François KINDLER *Responsable d'études environnement*	**Aelys Environnement** 2116, chemin de l'Enseigure 31840 Aussonne	Rédaction de l'étude de dangers et réalisation des cartes associées

L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

2

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

2.1 Définition de la zone d'étude des dangers 15
2.2 Environnement humain 16
2.2.1 Habitat 16
2.2.2 Établissements recevant du public (ERP) 17
2.2.3 Installations Classées pour le Protection de l'Environnement (ICPE) et Installations Nucléaires de Base (INB) 17
2.2.4 Autres risques technologiques 17
2.2.5 Autres activités 17
2.3 Environnement naturel 18
2.3.1 Contexte climatique et météorologique 18
2.3.2 Risques naturels 20
2.4 Environnement matériel 23
2.4.1 Voies de communication 23
2.4.2 Réseaux publics et privés 24
2.4.3 Autres ouvrages 24
2.5 Fréquentation des enjeux identifiés 25
2.6 Synthèse 25



2.1 DÉFINITION DE LA ZONE D'ÉTUDE DES DANGERS

Comme indiqué au chapitre 1.4.2, la première étape de l'étude de dangers consiste en **une caractérisation et une description de l'environnement du site**. Cette démarche est en effet indispensable à l'identification :

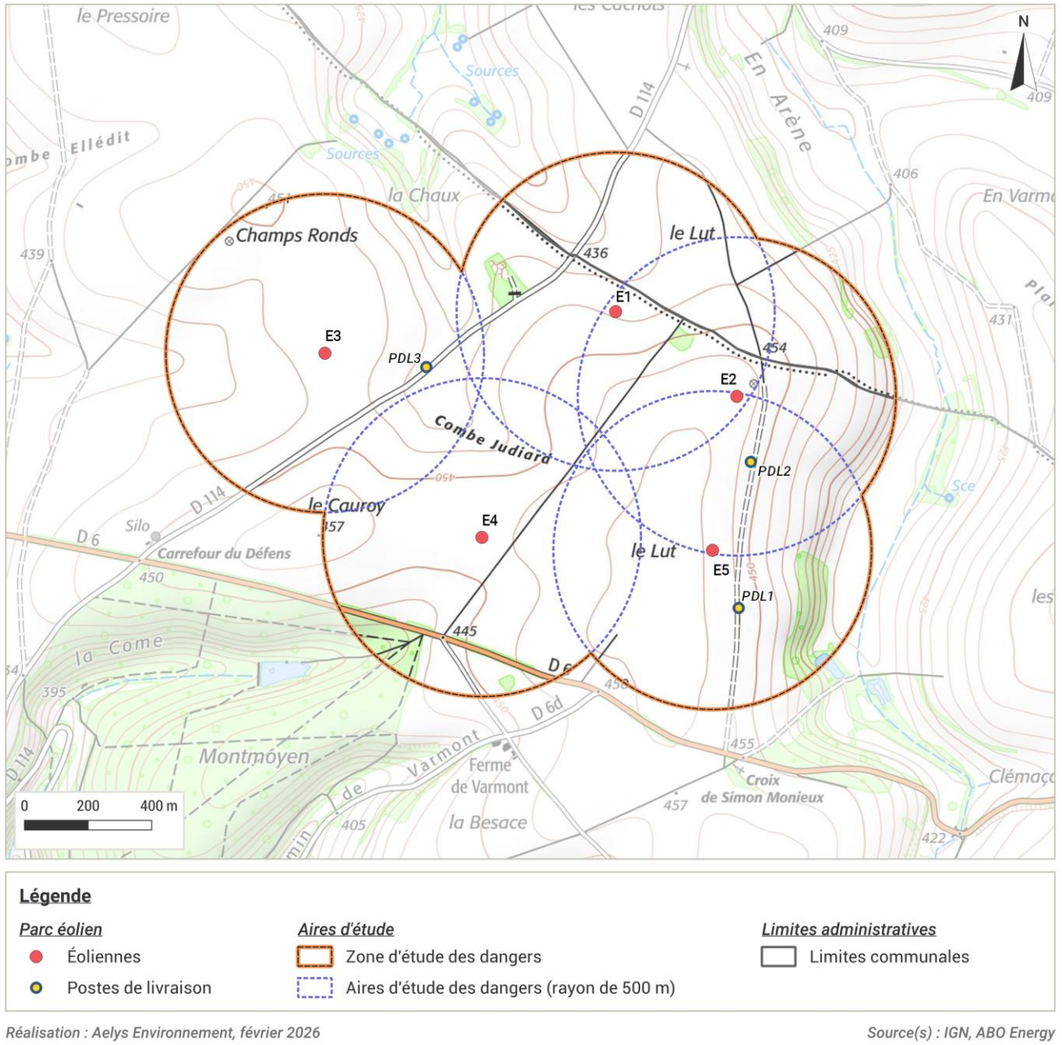
- des **principaux intérêts à protéger en cas de scénario accidentel (enjeux)** : il s'agit de l'ensemble des activités et/ou usages des sols susceptibles d'impliquer une présence humaine ;
- des **facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels)**, susceptibles de causer des accidents sur les aérogénérateurs.

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte le recensement des enjeux et agresseurs potentiels est constituée d'une aire d'étude par éolienne, appelée « aire d'étude des dangers ».

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, soit un disque de 500 m de rayon. Cette distance a été retenue car elle correspond à la zone d'effet la plus étendue envisageable en cas d'accident (cas de projection d'éléments par un rotor en mouvement – cf. chapitre 7.3.4).

Au regard de la configuration du parc, les aires d'études de dangers définies autour de chaque éolienne se chevauchent. **Le territoire couvert par l'ensemble de ces entités constituera la « zone d'étude des dangers »**. Il s'étend sur les communes de Frôlois et de Poiseul-la-Ville-et-Laperrière.

Enfin, il est à noter que **la zone d'étude des dangers n'intègre pas les environs des postes de livraison**, qui seront néanmoins représentés sur la carte suivante. **Les expertises réalisées dans le cadre de l'élaboration du guide technique ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter**.



Carte 2 : Zone d'étude des dangers

2.2 ENVIRONNEMENT HUMAIN

2.2.1 Habitat

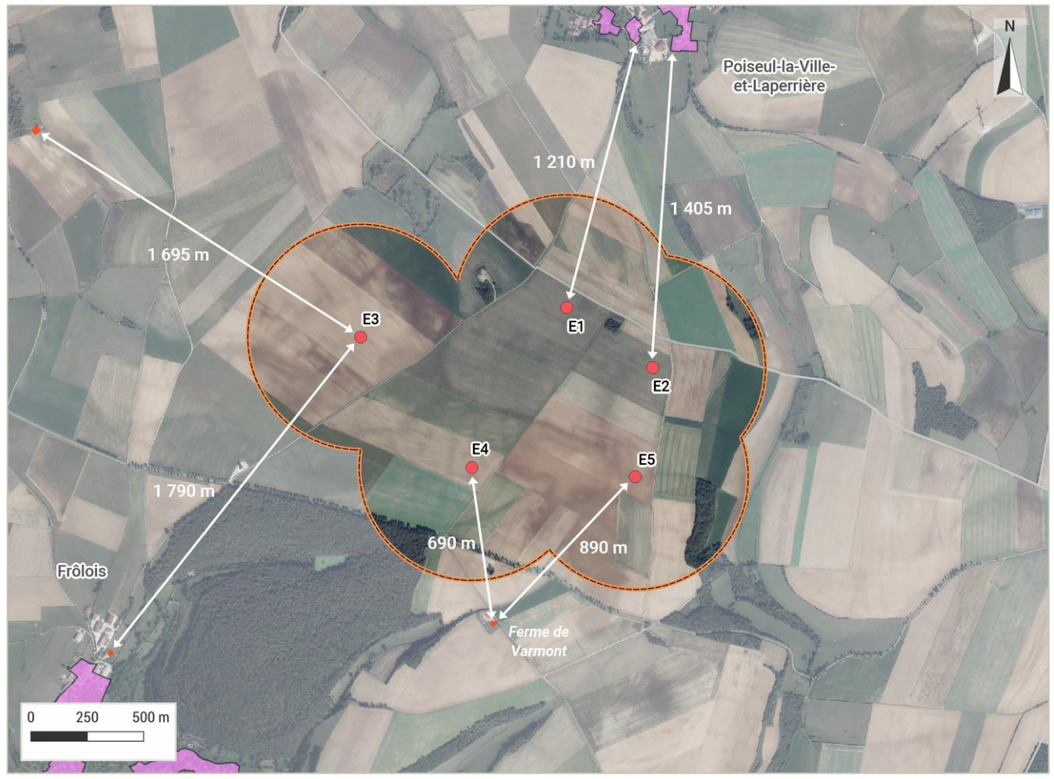
Les bâtiments et zones habités sont, par nature, synonymes de présence humaine. Ils représentent donc un **potentiel intérêt à protéger** s'ils sont identifiés dans le périmètre de la zone d'étude des dangers.

Conformément à l'article L.515-44 du Code de l'environnement, dans le cadre des projets de parcs éoliens soumis à autorisation environnementale (cas présent), « *La délivrance de l'autorisation d'exploiter est subordonnée au respect d'une distance d'éloignement entre les installations et les constructions à usage d'habitation, les immeubles habités et les zones destinées à l'habitation définies dans les documents d'urbanisme en vigueur au 13 juillet 2010 et ayant encore cette destination dans les documents d'urbanisme en vigueur, cette distance étant appréciée au regard de l'étude d'impact prévue à l'article L. 122-1.* ***Elle est au minimum fixée à 500 mètres*** ».

Lors de la définition du projet à l'étude, le maître d'ouvrage s'est conformé à cette obligation réglementaire. Ainsi, **aucune habitation ou zone d'habitation n'est présente dans un rayon de 500 m autour des éoliennes, périmètre équivalent au territoire de la zone d'étude des dangers**. L'habitation la plus proche, identifiée au niveau de la Ferme de Varmont, se trouve à 690 m au sud de l'éolienne E4. La première zone d'habitation définie par un document d'urbanisme se situe quant à elle à 1,2 km au nord de E1 (secteur constructible de la Carte Communale de Poiseul-la-Ville-et-Laperrière).

> ***L'habitat ne représente donc :***
>
> - ***ni un intérêt à protéger, aucune entité n'étant recensée dans la zone d'étude des dangers ;***
> - ***ni un facteur de risque, cette activité ne représentant aucun danger pour l'installation.***

Recul des éoliennes vis-à-vis des plus proches habitations
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes

Aires d'étude
- Zone d'étude des dangers

Habitat
- Habitations
- Zones d'habitation et secteurs constructibles des documents d'urbanisme (PLUi, CC)

Limites administratives
- Limites communales

Réalisation : Aelys Environnement, avril 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 3 : Situation de l'habitat vis-vis des éoliennes et de la zone d'étude des dangers

2.2.2 Établissements recevant du public (ERP)

À l'instar des habitations, les établissements recevant du public peuvent constituer un **potentiel intérêt à protéger** en cas de présence dans la zone d'étude des dangers (fréquentation humaine). Ils pourraient également constituer un **éventuel facteur de risque** selon la nature de leurs activités.

Selon l'article R.143-2 du Code de la construction et de l'habitation, « *constituent des établissements recevant du public tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non. Sont considérées comme faisant partie du public toutes les personnes admises dans l'établissement à quelque titre que ce soit en plus du personnel* ». **Ainsi, tout bâtiment, local ou enceinte ouvert à d'autres individus que le personnel qui l'occupe est un ERP**.

Aucun établissement de ce type n'est recensé au sein de la zone d'étude des dangers. Les principaux ERP du secteur (établissements publics, commerces, églises, etc.) se concentrent dans les zones urbanisées du territoire.

Les établissements recevant du public ne représentent donc :

- *ni un intérêt à protéger, aucune entité n'étant recensée dans la zone d'étude des dangers ;*
- *ni un facteur de risque, compte tenu de leur éloignement aux éoliennes (au-delà de 500 m) et de la nature de leurs activités.*

2.2.3 Installations Classées pour le Protection de l'Environnement (ICPE) et Installations Nucléaires de Base (INB)

Les ICPE et les INB sont à la fois considérées comme de **potentiels intérêts à protéger** (présence humaine indispensable à leur fonctionnement et/ou à leur entretien) et comme **d'éventuels facteurs de risques**, ces installations présentant, par définition, des dangers plus ou moins notables.

2.2.3.1 ICPE

La base de données en ligne Géorisques recense l'ensemble des ICPE présentes sur le territoire national. Selon cette ressource, **aucune installation de ce type ni aucun périmètre d'effet associé ne concernent le territoire de la zone d'étude des dangers**. La plus proche, le parc éolien des Useroles, s'inscrit à près de 1,8 km au nord-est des aérogénérateurs du projet. Par ailleurs, aucune installation SEVESO n'est identifiée sur les communes de Frôlois et de Poiseul-la-Ville-et-Laperrière.

Les ICPE ne représentent donc :

- *ni un intérêt à protéger, aucune entité n'étant recensée dans la zone d'étude des dangers ;*
- *ni un facteur de risque, compte tenu de leur éloignement aux éoliennes (1,8 km pour la plus proche).*

2.2.3.2 INB

Les Installations Nucléaires de Base sont placées sous le contrôle de l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR) qui publie chaque année la liste des installations présentes sur le territoire français. Selon le dernier document en date, au 31 décembre 2025, **aucune INB n'est implantée sur l'emprise de la zone d'étude des dangers, ni sur les communes qu'elle concerne**. Plus largement aucune installation nucléaire de base n'est présente sur le territoire de la Côte-d'Or.

Les INB ne représentent donc :

- *ni un intérêt à protéger, aucune entité n'étant recensée dans la zone d'étude des dangers ;*
- *ni un facteur de risque, compte tenu de leur éloignement aux éoliennes (aucune installation dans le département).*

2.2.4 Autres risques technologiques

En plus des risques industriel et nucléaire, traités ci-avant, d'autres risques technologiques peuvent **exposer les aérogénérateurs à un potentiel accident**. Il s'agit du **risque de rupture de barrage** et du **risque de Transport de Matières dangereuses** (TMD).

Selon la base de données Géorisques et le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de la Côte-d'Or, **la zone d'étude des dangers n'est pas concernée par ces risques.**

Les risques de rupture de barrage et de Transport de Matières Dangereuses, non identifiés dans un rayon de 500 m autour des aérogénérateurs, ne représentent pas un agresseur potentiel pour ces structures.

2.2.5 Autres activités

En complément du recensement de l'habitat, des ERP ainsi que des installations classées et nucléaires, **d'autres usages et activités impliquant une présence humaine peuvent concerner l'emprise de la zone d'étude des dangers**.

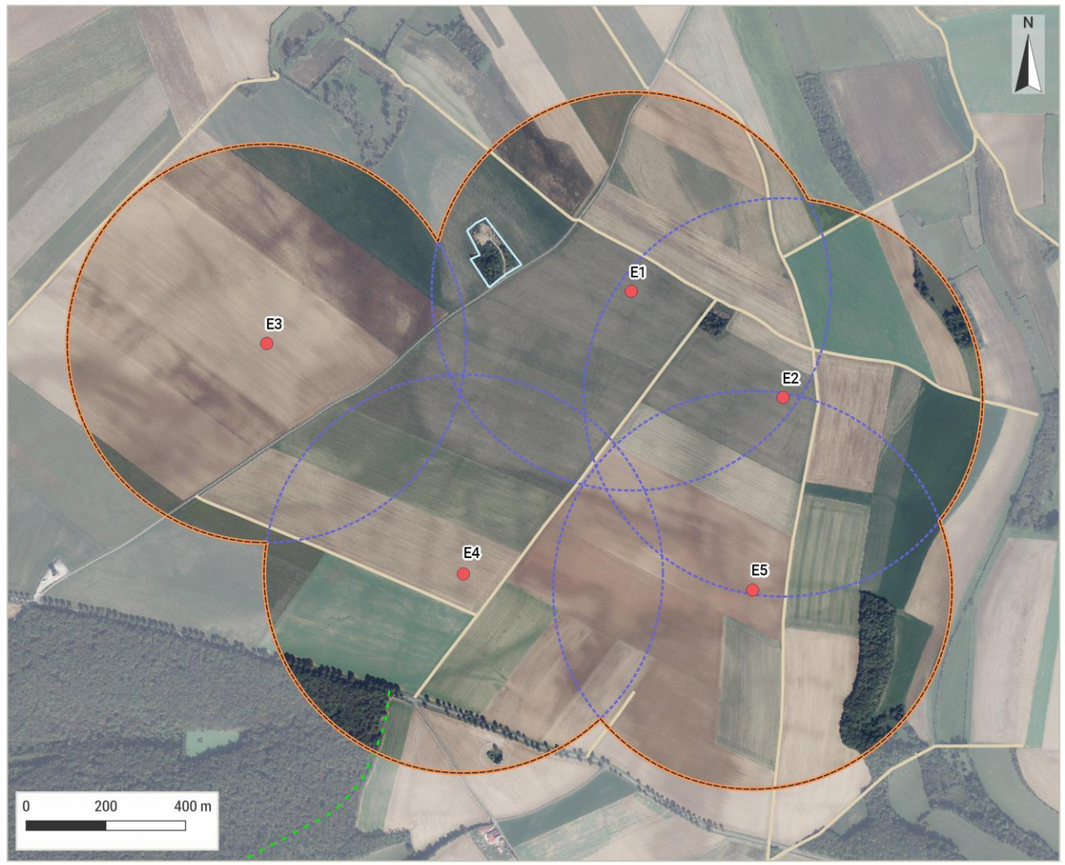
Ainsi, le territoire d'étude est occupé par :

- une **majorité de parcelles cultivées**. Elles sont associées à un **maillage de chemins d'exploitation** (sentiers de terre) et sont ponctuellement utilisées par les chasseurs du secteur ;
- quelques **bosquets et boisements privés**, principalement identifiés en limites est et sud du périmètre d'étude. Ils peuvent accueillir des promeneurs occasionnels.

Une **ancienne décharge communale** est également présente le long de la D 114, à l'ouest de E1. Ce site clôturé ne fait l'objet d'aucune activité déclarée. Sa fréquentation est donc jugée marginale.

L'activité agricole ainsi que les boisements identifiés sur le site d'étude représentent un intérêt à protéger compte tenu de la présence humaine qu'ils génèrent : travailleurs agricoles, promeneurs, chasseurs. Par précaution, l'ancienne décharge communale est également considérée comme intérêt à protéger (présence épisodique du propriétaire des terrains). Ces activités et occupations du sol ne constituent en revanche pas un facteur de risque pour les éoliennes du projet.

Autres activités recensées
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Réalisation : Aelys Environnement, février 2026 *Source(s) : IGN, ABO Energy*

Carte 4 : Autres activités recensées sur l'emprise de la zone d'étude des dangers

2.3 ENVIRONNEMENT NATUREL

Le guide technique pour l'élaboration des études de dangers de parcs éoliens terrestres préconise de caractériser dans ce chapitre les conditions climatiques et météorologiques du site ainsi que les risques naturels identifiés sur la zone d'étude des dangers. **Ces critères constituent en effet de potentiels facteurs de risques (agresseurs) pour les aérogénérateurs du parc. Ils n'interviennent en revanche aucunement dans l'identification d'éventuels enjeux à protéger (pas de présence humaine induite)**.

2.3.1 Contexte climatique et météorologique

La France métropolitaine bénéficie d'un climat dit "tempéré" inhérent à la latitude moyenne du pays et à la dominance des vents venus de l'Atlantique. Ce type de climat, caractérisé par des paramètres météorologiques modérés, présente globalement peu de risques pour des éoliennes.

Le pays connaît toutefois des sous-types de climats variant selon la latitude, l'altitude et la proximité ou non de la mer, renforcée par la position par rapport aux trois importants massifs montagneux (Pyrénées, Massif central et Alpes).

Les paramètres météorologiques pouvant représenter un risque, direct ou indirect, pour les éoliennes sont :

- **les températures, et plus particulièrement les températures négatives** : sous certaines conditions d'humidité, les températures négatives peuvent entraîner la formation de glace sur les pales des éoliennes. Les blocs ainsi formés peuvent, par leur masse, déséquilibrer le rotor de l'éolienne et mener à sa dégradation (chute de pale, pliage du mât, etc.) ;
- **les précipitations** : la pluie, la neige et la grêle peuvent également exposer les éoliennes à de potentielles dégradations : infiltration d'eau, fragilisation du rotor par accumulation de neige, dégradation en cas de chutes de grêle exceptionnelles ;
- **le brouillard** : les dangers potentiels liés au brouillard sont indirects : ils concernent le manque de visibilité des éoliennes. En effet, en cas de visibilité réduite, de possibles collisions pourraient avoir lieu (sortie de route de véhicules, aéronefs) ;
- **les vents violents** : bien que les éoliennes soient conçues pour exploiter les vents, et donc y résister, l'apparition de vents exceptionnels ou la répétition d'évènements violents pourrait fragiliser leur structure (casse sur le rotor en particulier).

La caractérisation des paramètres météorologiques du site s'est appuyée sur les données de la station de mesures Météo-France de Saint-Martin-du-Mont, présente à 17,3 km au sud-est de la zone d'étude des dangers, ainsi que du mât de mesure des vents implanté sur le site par le maître d'ouvrage.

2.3.1.1 Températures

Les principales données de températures mesurées par la station météorologique de Saint-Martin-du-Mont sont compilées dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Statistiques de températures de la station de Saint-Martin-du-Mont (Source : Météo-France)

Températures moyennes annuelles (période 1992-2020)			Records (période 09/1992-11/2025)		Nombre moyen de jours avec températures minimales négatives (période 1992-2020)
Minimale	Moyenne	Maximale	Température la plus basse	Température la plus haute	
6 °C	9,9 °C	13,7 °C	-15,7 °C (12/2009)	37,4 °C (08/2003)	68,3 jours/an

Avec des valeurs moyennes comprises entre 6 °C et 13,7 °C, le secteur s'inscrit bien en climat tempéré. Pour autant, des températures négatives y sont relevées, en moyenne 68,3 jours par an, avec un record connu de -15,7 °C. Des conditions propices à la formation de glace sont donc possibles, d'autant plus à hauteur de moyeu, où les températures sont plus faibles qu'au niveau du sol. Les températures les plus hautes (maximum relevé de 37,4 °C) ne sont pas de nature à représenter un risque pour les éoliennes.

Les températures négatives sont donc retenues comme facteur de risque pour les éoliennes du projet.

2.3.1.2 Précipitations

Les principales données de précipitations (pluie, neige et grêle) mesurées par la station météorologique de Saint-Martin-du-Mont sont compilées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Statistiques de précipitations de la station de Saint-Martin-du-Mont (Source : Météo-France)

Pluies			Neige	Grêle
Hauteur moyenne annuelle (période 1992-2020)	Nombre moyen de jours par an (précipitations ≥ 1 mm)	Record quotidien (période 09/1992-11/2025)	Nombre moyen de jours par an	Nombre moyen de jours par an
938,1 mm	133,5 jours	100,9 mm	Paramètres non mesurés dans un rayon de plus de 30 km autour du site	

2.3.1.2.1 Pluies

Météo-France indique que les hauteurs de précipitations moyennes annuelles de France métropolitaine varient entre 500 mm pour les régions les plus sèches à plus de 1 500 mm pour les régions de montagne, avec une valeur moyenne globale (normale) de 935 mm. Le secteur d'étude (938,1 mm) est donc caractérisé par une pluviosité équivalente à la moyenne nationale.

Bien que les éoliennes soient conçues de façon à être étanches à l'eau, une potentielle infiltration ne peut être écartée dans des conditions particulières : défaut d'étanchéité d'un composant, erreur de maintenance, etc. Le cas échéant, des incidents tels qu'un court-circuit électrique ou la corrosion de pièces métalliques pourraient se produire avec comme conséquences potentielles, un incendie ou la casse d'éléments. **Les pluies sont donc retenues comme agresseur potentiel**.

2.3.1.2.2 Neige

Les chutes de **neige** du secteur n'ont pu être quantifiées en raison de l'absence de stations mesurant ce paramètre dans un rayon de plus de 30 km autour du site. Néanmoins, compte tenu du secteur d'implantation du projet (plateau de basse altitude), **les chutes de neige peuvent être considérées comme trop rares et leur intensité trop faible pour constituer un danger pour les aérogénérateurs**. En effet, la neige ne se maintiendra pas, ni ne s'accumulera en quantités suffisantes sur les pales pour représenter un quelconque risque.

2.3.1.2.3 Grêle

À l'instar de la neige, les chutes de **grêle** du secteur n'ont pu être quantifiées par des données chiffrées. Pour autant, la grêle peut tomber en tout point du territoire français. Face à ce type d'évènement, les éoliennes disposent d'un revêtement suffisamment robuste pour ne pas subir de dommages. Néanmoins, certains épisodes d'ampleur peuvent se produire avec des grêlons pouvant atteindre plusieurs centimètres de diamètre (rare). Le cas échéant, de possibles dégâts peuvent être envisagés du fait de l'impact des projectiles. **Les chutes de grêle sont donc retenues comme agresseur potentiel**.

Parmi les précipitations auxquelles est exposé le secteur d'étude, la pluie et la grêle sont retenues comme agresseurs potentiels pour les éoliennes du projet.

2.3.1.3 Brouillard

Les stations météorologiques les plus proches de la zone d'étude des dangers (rayon de 20 km) ne disposent pas d'informations sur le nombre moyen de jours de brouillard du secteur. Ce phénomène est toutefois susceptible de se produire en tout lieu dès lors que des conditions d'humidité et de température favorables sont réunies. Ainsi, **la zone d'étude des dangers peut être concernée par des épisodes de brouillard réduisant de manière plus ou moins notable la visibilité des aérogénérateurs avec pour conséquence, des risques de collision par des véhicules**.

Le brouillard est retenu comme facteur de risque pour les éoliennes du projet.

2.3.1.4 Vent

Les données locales de vent proviennent du mât de mesure implanté sur le site depuis octobre 2021 ainsi que de la station Météo-France de Saint-Martin-du-Mont.

Selon les informations collectées par le mât de mesure, **les vents les plus fréquents à 100 m de hauteur sont de secteurs sud-ouest et nord-est tandis que les plus fortes rafales sont de secteurs sud-ouest et sud** (cf. figure suivante).

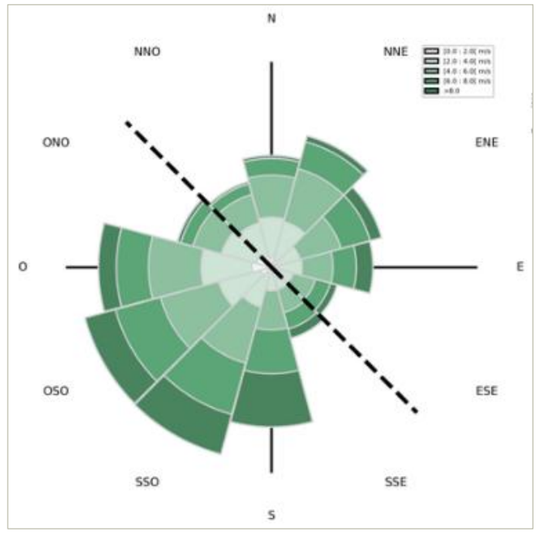


Illustration 4 : Rose des vents du site – Vitesse standardisée (Source : ABO Energy)

Les statistiques issues de la station météorologique de Saint-Martin-du-Mont (période 1998-2020), précisent que le territoire est balayé par des rafales de vents :

- au moins 31,9 jours par an pour des vitesses supérieures à 16 m/s (58 km/h - vents forts) ;
- au moins 0,8 jour par an pour des vitesses supérieurs à 28 m/s (100 km/h - vents violents).

Ces chiffres correspondent à des mesures réalisées à hauteur d'Homme. Les vitesses constatées au niveau des éoliennes sont plus importantes.

Ces différentes données confirment le caractère venté du site, condition *sine qua non* à l'implantation d'un parc éolien. À ce titre, les aérogénérateurs retenus pour équiper l'installation sont conçus de manière à exploiter au mieux la ressource locale de vent et à résister aux contraintes mécaniques auxquelles ils seront confrontés tout au long de leur vie (pression exercée par le vent en particulier). Pour autant, **les risques de dégradation, voire de casse, ne peuvent être totalement écartés du fait de l'usure progressive de pièces, d'éventuels défauts de fabrication, ou des conséquences d'une tempête d'exception**.

Le vent est retenu comme agresseur potentiel pour les éoliennes du projet.

2.3.2 Risques naturels

2.3.2.1 Séismes

L'aléa sismique est la possibilité, pour un site donné, d'être exposé à des secousses. Cet aléa n'est pas uniforme à l'échelle du territoire national ; à ce titre, le pays est divisé en cinq zones de sismicité croissante définies par l'article R.563-4 du Code de l'environnement :

- zone de sismicité 1 (exposition très faible) ;
- zone de sismicité 2 (exposition faible) ;
- zone de sismicité 3 (exposition modérée) ;
- zone de sismicité 4 (exposition moyenne) ;
- zone de sismicité 5 (exposition forte).

Selon le portail Géorisques et la carte nationale de l'aléa sismique, **les communes concernées par la zone d'étude des dangers sont inscrites en zone de sismicité 1, correspondant à une exposition très faible**.

> ***Au regard de l'exposition très faible de la zone d'étude des dangers à l'aléa sismique, ce risque n'est pas considéré comme un agresseur potentiel pour les éoliennes du projet.***

2.3.2.2 Mouvements de terrain

Le site Géorisques distingue cinq types de mouvements de terrains :

- les glissements, résultat du déplacement généralement lent (de quelques millimètres par an à quelques mètres par jour) d'une masse de terrain sur une pente ;
- les éboulements et chutes de blocs, mouvements de terrain rapides résultant de l'action de la pesanteur sur des éléments rocheux ;
- les coulées de boue, mouvements rapides de matériaux sous forme plus ou moins fluide ;
- les effondrements, évènements qui se produisent de façon plus ou moins brutale et résultent de la rupture du toit ou des appuis d'une cavité souterraine ;
- l'érosion de berges, arrachement des sols des berges d'un cours d'eau qui peut entraîner des glissements de terrain ou des éboulements.

Selon les différentes bases de données consultées (Géorisques, Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Côte-d'Or, Atlas des mouvements de terrain de la Côte-d'Or), **le seul risque de mouvement de terrain identifié sur le périmètre d'étude est le glissement de terrain**. Les aérogénérateurs du projet ont toutefois été positionnés à l'écart des zones d'aléa (130 m au plus près – cf. carte suivante), **ils ne sont donc pas exposés à ce risque**.

Par ailleurs, bien qu'aucune cavité souterraine ne soit actuellement recensée sur le périmètre d'étude, l'existence d'ouvrages encore inconnus ne peut être écartée. Quelques cavités sont en effet présentes à proximité du site, dont une à environ 200 m au nord-est. **Le risque de mouvement de terrain par affaissement ou effondrement de cavité est donc potentiellement présent sur le site**.

> ***Bien que les parcelles d'implantation des éoliennes et leurs abords semblent présenter une sensibilité limitée à ces phénomènes, les mouvements de terrain sont retenus à titre conservatoire comme agresseurs potentiels (risque d'effondrement du toit de cavités souterraines non identifiées).***

Le risque de mouvements de terrains
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Réalisation : Aelys Environnement, février 2026 *Source(s) : Géorisques, Géo-IDE, IGN, ABO Energy*

Carte 5 : Les risques de mouvements de terrains identifiés sur la zone d'études des dangers et à proximité

2.3.2.3 Retrait-gonflement des sols argileux

À la différence des mouvements de terrains, le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux n'induit pas un déplacement d'une partie du sol mais une variation de volume des sols en place (gonflement/rétractation) en fonction de leur teneur en eau (pluie/sécheresse). Il concerne uniquement les sols argileux et peut causer, du fait du travail des terrains, des dommages sur les bâtiments.

Le territoire national fait l'objet d'une cartographie de l'exposition au phénomène de retrait-gonflement des argiles. L'article R.132-3 du Code de la construction et de l'habitation précise à son sujet qu'elle identifie quatre catégories de zones :

- les zones d'exposition forte, qui correspondent à des formations essentiellement argileuses dont le comportement géotechnique indique un matériau très sensible au phénomène ;
- les zones d'exposition moyenne, qui correspondent à des formations présentant un terme argileux non prédominant et dont le comportement géotechnique indique un matériau moyennement sensible au phénomène ;
- les zones d'exposition faible, qui correspondent à des formations non argileuses mais contenant localement des passées ou des poches argileuses, dont le comportement géotechnique indique un matériau peu ou pas sensible au phénomène, selon l'endroit où on le mesure ;
- les territoires qui ne sont pas classés dans l'une des trois zones précédentes sont des zones d'exposition résiduelle, où la présence de terrain argileux n'est, en l'état des connaissances, pas identifiée.

Toujours selon cet article, « *les zones qui sont considérées comme exposées au phénomène de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols sont celles dont l'exposition à ce phénomène est identifiée comme moyenne ou forte* ». Ainsi, les zones d'exposition faible ou résiduelle ne sont pas concernées.

La consultation du site Géorisques, qui s'appuie sur les données de la carte d'exposition au phénomène, permet de visualiser la situation des terrains de la zone d'étude des dangers. Ainsi, **l'aérogénérateur E1 s'inscrit à proximité directe de terrains exposés (zones d'exposition moyenne) tandis que les autres éoliennes sont à bonne distance** (voir carte ci-contre).

> ***Au regard de la proximité de l'éolienne E1 vis-à-vis d'une zone d'exposition au retrait gonflement des sols argileux, périmètres dont les contours nécessitent d'être précisés à une échelle rapprochée, ce phénomène est retenu comme agresseur potentiel à titre conservatoire.***

Exposition au retrait-gonflement des sols argileux
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Réalisation : Aelys Environnement, février 2026
Source(s) : Géorisques, IGN, ABO Energy

Carte 6 : L'exposition de la zone d'étude des dangers au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux

2.3.2.4 Foudre

La foudre est susceptible d'entraîner des dégâts notables si elle frappe une éolienne (explosion de pale, incendie, etc.). Ce phénomène fait l'objet d'un suivi continu à l'échelle du pays par l'opérateur Météorage, filiale de Météo-France. Selon cet organisme, **les territoires de Frôlois et Poiseul-la-Ville-et-Laperrière sont concernés par des impacts de foudre**.

Pour appuyer ce constat, Météorage utilise un indicateur spécifique aux analyses de risque foudre : la densité de foudroiement (Nsg), qui correspond au nombre d'impacts recensés sur un territoire donné, par an et par km² (calcul basé sur des mesures effectuées durant 10 années consécutives). Ainsi, les communes concernées par la zone d'étude des dangers sont caractérisées par une densité de foudroiement « modéré » sur la période 2016-2025, ce qui signifie qu'elles font partie des 10 % des communes les moins foudroyées de France.

> ***Malgré un risque limité, la foudre, susceptible de frapper sur le territoire de la zone d'étude des dangers, est retenue comme agresseur potentiel des éoliennes du projet.***

2.3.2.5 Tempêtes

Météo-France caractérise une tempête comme « *une zone étendue de vents violents* » dont les rafales approchent « *les 100 km/h dans l'intérieur des terres et 120 km/h (voire 130 km/h) sur les côtes.* ».

Les données de vent présentées au chapitre 2.3.1.4 montrent que les rafales supérieures à 100 km/h sont rares sur le secteur (aux alentours de 0,8 jour/an à hauteur d'Homme). Elles sont toutefois présentes, d'autant plus à hauteur d'éolienne, les vents étant plus importants avec l'altitude. Le DDRM de la Côte-d'Or souligne par ailleurs que « *l'ensemble du territoire* [départemental] *peut être concerné* » : il a notamment été touché par la tempête Lothar de décembre 1999.

> ***Le risque de tempête ne peut être écarté sur le site. Ce phénomène est donc retenu comme agresseur potentiel pour les éoliennes du projet.***

2.3.2.6 Incendies de forêts et de cultures

La survenue d'un incendie sur les parcelles de la zone d'étude des dangers induit un risque de propagation aux éoliennes de l'installation.

Selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Côte-d'Or, le risque de feu de forêt ne concerne pas les communes de Frôlois et de Poiseul-la-Ville-et-Laperrière, qui n'ont fait l'objet d'aucun feu déclaré entre 2006 et 2025. Les éoliennes s'inscrivent par ailleurs à distance des boisements (recul minimal de 270 m vis-à-vis des plus proches lisières boisées et de 180 m vis-à-vis des premiers bosquets) et l'écobuage ne fait pas partie des pratiques agricoles locales.

> ***Le risque de propagation d'un incendie depuis les boisements et cultures à proximité n'est pas retenu comme facteur de risque pour les éoliennes du projet.***

2.3.2.7 Inondations

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors de l'eau. Dans le cas d'éoliennes, un tel phénomène pourrait entraîner une infiltration d'eau dans la base du mât, avec pour conséquences des courts-circuits (contact de l'eau avec le matériel électrique) et/ou un début de corrosion de pièces métalliques oxydables. Une potentielle déstabilisation de l'éolienne pourrait également être envisagé en cas de phénomène exceptionnel entraînant une déstructuration du sol sur lequel repose la machine : crue d'ampleur associée à un fort courant ou remontée de nappe sur sols très sensibles au retrait-gonflement des argiles. Ce cas de figure est toutefois peu probable.

Le portail Géorisques identifie quatre types d'inondations :

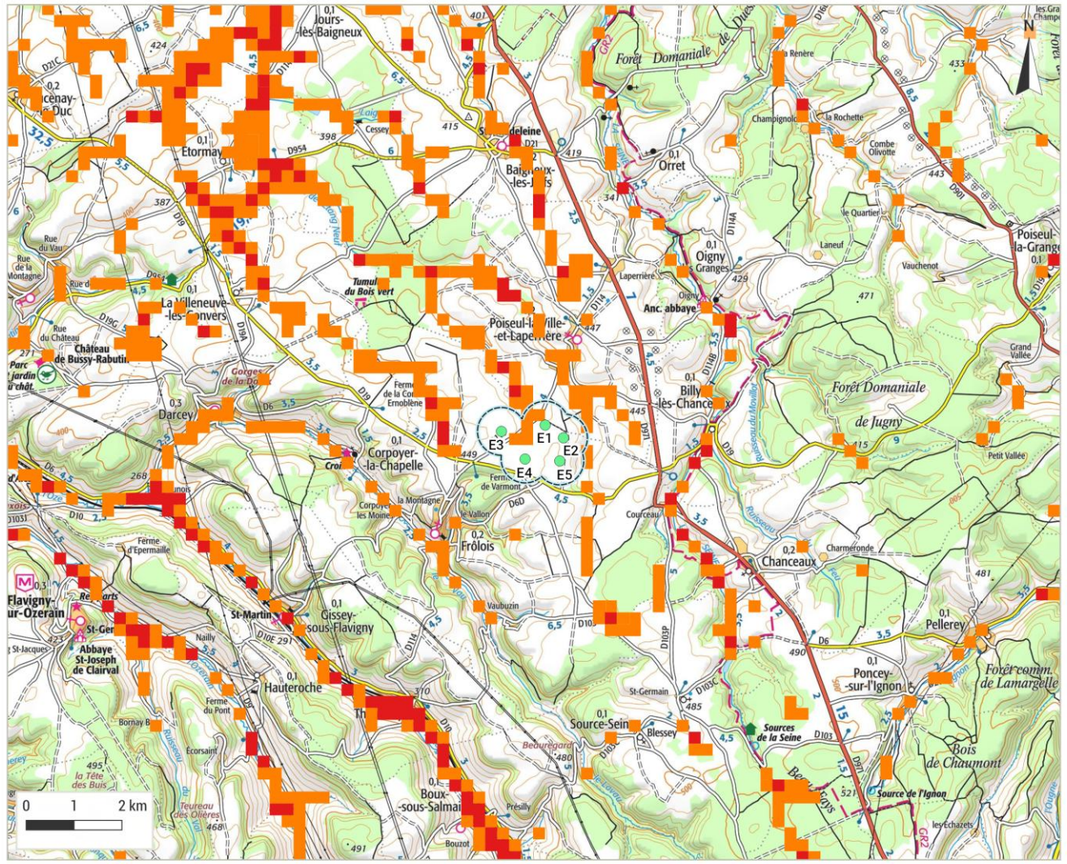
- les inondations par ruissellement, qui se produisent lorsque les eaux de pluie ne peuvent pas ou plus s'infiltrer dans le sol (précipitations trop importantes généralement associée à des sols imperméabilisés) ;
- les inondations par submersion marine, qui sont des inondations rapides et de courtes durées de la zone côtière par la mer lors de conditions météorologiques et océaniques défavorables ;
- les inondations par débordement de cours d'eau, ou crues, qui correspondent à une sortie des eaux en dehors de leur lit habituel d'écoulement. On distingue deux types de crues en fonction du secteur qu'elles touchent : les « crues lentes », en secteur de plaine, et les crues rapides et torrentielles, en secteur de montagne ou de relief marqué ;
- les inondations par remontée de nappe, provoquées par la montée du niveau de la nappe phréatique jusqu'à la surface du sol.

Selon Géorisques, **seul le risque d'inondation par remontée de nappe est envisageable sur le territoire de la zone d'étude des dangers**. La caractérisation de ce phénomène s'appuie sur la "Cartographie nationale des zones sensibles aux inondations par remontée de nappe", support exploitable à large échelle (1/100 000, 1/250 000, etc.) mais dont le niveau de précision est insuffisant pour des études locales. Dans le cas du présent projet, cet outil permet donc de dégager une tendance générale sur l'exposition des terrains mais ne saurait constituer un état des lieux détaillé et précis.

Au regard des données disponibles, le risque d'inondation par remontée de nappe est présent sur le secteur (zones potentiellement sujettes aux inondations de cave). Il concerne uniquement les dépressions du site d'étude, à savoir la Combe Judiard et le vallon est, **secteurs évités par les éoliennes du projet** (cf. carte suivante).

Le risque semble donc peu marqué voire absent au niveau des parcelles d'implantation des aérogénérateurs. S'il venait toutefois à être identifié, il ne présenterait aucun danger particulier pour les éoliennes. En effet, les fondations, premiers équipements en contact avec une nappe montante, sont conçues pour faire face à cet aléa (réalisation d'études géotechniques préalables). Par ailleurs, dans le cas d'une remontée exceptionnelle impliquant un affleurement de la nappe au niveau du sol, les terrains seraient engorgés mais pas submergés comme le ferait une crue. Aucun risque d'infiltration à l'intérieur des aérogénérateurs n'est donc envisageable, ceux-ci étant surélevés de quelques centimètres par rapport au niveau du sol (fixation sur le fût de la fondation). **Un tel évènement n'est donc pas en mesure de représenter un danger pour les éoliennes.**

> ***L'inondation n'est pas retenue comme facteur de risque pour les aérogénérateurs du projet***



Carte 7 : Situation de la zone d'étude des dangers vis-à-vis du risque de remontée de nappe

2.4 ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

L'environnement matériel fait référence aux équipements présents au sein de la zone d'étude des dangers (routes, lignes électriques, etc.). **Ils peuvent à la fois représenter un intérêt à protéger (fréquentation par des usagers, du personnel de maintenance, etc.), mais aussi un facteur de risque pour les éoliennes (explosion d'une canalisation de gaz proche, rupture d'un câble électrique, etc.)**.

2.4.1 Voies de communication

2.4.1.1 Transport routier

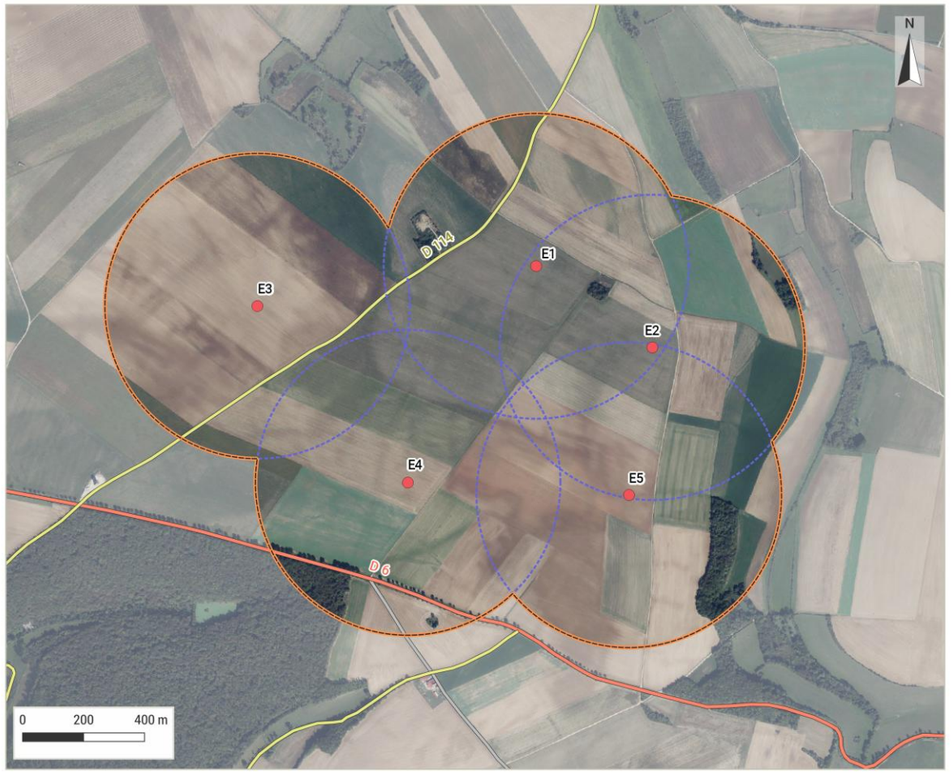
La zone d'étude des dangers est concernée par trois axes bitumés :

- **la route départementale D 114**, qui relie notamment les bourgs de Poiseul-la-Ville et Frôlois. Cette route, qui supporte un trafic moyen journalier inférieur à 300 véhicules par jour, s'inscrit dans les aires d'étude des dangers des éoliennes E1 (210 m au plus près) et E3 (recul de 215 m) ;
- **la route départementale D6,** évoluant au sud de la zone d'étude et rejoignant la D 971, axe structurant du territoire, à l'est. Elle supporte un trafic moyen journalier inférieur à 1 000 véhicules par jour. Son tracé concerne l'aire d'étude des dangers d'E4 (retrait minimal de 335 m) ;
- **une route locale** reliant la D 6 à la D 103, axe du réseau départemental tertiaire situé à près de 3 km au sud. Cette route dessert un seul lieu-dit habité, la Ferme de Varmont, ainsi que les parcelles agricoles qu'elle traverse. Elle supporte par conséquent un trafic quotidien limité estimé à moins de 300 véhicules par jour. Elle intéresse l'aire d'étude des dangers d'E4 (recul minimal de 340 m).

Les chemins d'exploitation agricole traversant le site ainsi que les pistes d'accès aux éoliennes du projet et leurs plateformes peuvent également être empruntés ponctuellement par des automobilistes, dans le cadre de promenades, ainsi que par les équipes de maintenance du parc éolien. Ces axes supportent néanmoins un trafic minime et ne constituent pas des infrastructures dédiées aux déplacements journaliers des riverains.

> ***Les routes départementales D 114 et D 6 ainsi que la route locale menant au lieu-dit la Ferme de Varmont sont les trois voies de circulation traversant le site d'étude. Elles constituent un intérêt à protéger (usagers de la route) mais ne représentent aucun danger pour les éoliennes compte tenu de leur usage (axes de circulation) et leur éloignement (210 m minimum).***

Les routes traversant le site
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Carte 8 : Les voies carrossables identifiées sur le périmètre de la zone d'étude des dangers

2.4.1.2 Transport aérien

Selon les informations à disposition du maître d'ouvrage, suite à la consultation des services de l'Armée et de l'Aviation civile :

- la zone d'étude des dangers s'inscrit à une quinzaine de kilomètres à l'ouest de la « zone interdite LF-P 37 Valduc » destinée à la protection et à la sûreté aérienne du site de recherche et de production d'armes nucléaires de Valduc. À ce titre, et compte tenu de cette relative proximité, le site concerne un secteur « *qui, sur décision gouvernementale et sous faible préavis, peut faire l'objet d'une protection particulière en cas de menace, dans le cadre d'un renforcement de la posture permanente de sûreté (PPS)* ». La réalisation du projet de parc éolien est ainsi jugée « *acceptable* » si des mesures permettant l'arrêt des aérogénérateurs « *dès l'application des plans de défense aérienne nécessitant un renforcement de la PPS* » sont mises en œuvre (signature d'une convention entre l'exploitant du parc et le commandement de la défense aérienne et des opérations aériennes une fois l'autorisation environnementale délivrée). Le maître d'ouvrage s'engage à respecter ces dispositions ;
- la zone d'étude n'est « *affectée d'aucune servitude ou contrainte aéronautique rédhibitoire liée à la proximité immédiate d'un aérodrome civil, à la circulation aérienne ou à la protection d'appareils de radio-navigation* » selon la DGAC.

> ***Au regard des données communiquées, et sous réserve du respect des dispositions de l'Armée, aucun risque d'interaction n'est attendu entre les éoliennes et les aéronefs survolant le secteur. Ils ne constituent donc ni un intérêt à protéger ni un danger pour les éoliennes.***

2.4.1.3 Autres voies de communication

Aucune autre infrastructure de transport n'est identifiée sur l'emprise de la zone d'étude des dangers (voie ferrée, voie navigable).

2.4.2 Réseaux publics et privés

2.4.2.1 Réseau électrique

Aucune infrastructure de transport ou de distribution d'électricité n'est concernée par la zone d'étude des dangers.

> ***Les réseaux électriques ne constituent ni un intérêt à protéger, ni un facteur de risque pour les éoliennes.***

2.4.2.2 Canalisations de produits dangereux

Aucune canalisation de transport/distribution de gaz ou d'hydrocarbures ne traverse la zone d'étude des dangers.

> ***Les canalisations de produits dangereux ne constituent ni un intérêt à protéger, ni un facteur de risque pour les éoliennes.***

2.4.2.3 Stations d'épuration

Aucun équipement de ce type n'est présent au sein de la zone d'étude des dangers.

> ***Les stations d'épuration ne constituent ni un intérêt à protéger, ni un facteur de risque pour les éoliennes.***

2.4.2.4 Alimentation en eau potable

Selon les informations communiquées par l'Agence Régionale de Santé (ARS) Bourgogne-Franche-Comté, **aucun captage destiné à l'alimentation en eau potable (AEP) ni aucun périmètre de protection associé ne concernent la zone d'étude des dangers**.

> ***Les captages AEP et leurs périmètres de protection ne constituent pas un intérêt à protéger. Ils ne représentent par ailleurs aucun danger pour les aérogénérateurs.***

2.4.3 Autres ouvrages

Aucun autre équipement n'est recensé sur la zone d'étude des dangers.

2.5 FRÉQUENTATION DES ENJEUX IDENTIFIÉS

L'analyse menée ci-avant a notamment permis d'identifier et de localiser les activités et usages impliquant une présence humaine sur l'emprise de la zone d'étude des dangers. Les personnes se trouvant dans ce périmètre sont en effet exposées à des dangers en cas d'accidents survenant sur les éoliennes du parc.

Le niveau d'exposition à ces dangers dépend de la localisation des individus (distance aux éoliennes), mais aussi du niveau de fréquentation des lieux. En effet, plus un endroit est fréquenté et plus le risque que des personnes soient touchées en cas d'accident augmente.

L'évaluation de la fréquentation des lieux est donc indispensable à la réalisation de la présente étude.

Pour ce faire, le guide technique des études de dangers de projets de parcs éoliens terrestres propose une « méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité de l'éolienne », présentée en annexe du présent document (cf. chapitre 9.1).

C'est en s'appuyant sur cette méthode qu'a été évalué le nombre de personnes permanentes exposées à des dangers pour chaque activité/usage mis en évidence au sein de la zone d'étude des dangers.

Tableau 5 : Nombre de personnes exposées par enjeu identifié

Enjeu (ou "intérêt à protéger")	Classement selon la méthode de comptage	Nombre de personnes permanentes exposées
Parcelles agricoles	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 ha
Parcelles boisées	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 ha
Ancienne décharge communale	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 ha
Voies de circulation non structurantes (trafic < 2 000 véhicules/jour – D 114, D 6 et route locale sud), chemins d'exploitation agricole, sentiers forestiers, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 ha

2.6 SYNTHÈSE

Les enjeux/intérêts à protéger identifiés au sein de la zone d'étude des dangers ainsi que les facteurs de risques/agresseurs potentiels des éoliennes sont compilés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Les enjeux et facteurs de risques identifiées

	Enjeu / Intérêt à protéger	Facteurs de risques / Agresseurs potentiels
Parcelles agricoles	✓	
Parcelles boisées	✓	
Chemins d'exploitation agricole et sentiers forestiers	✓	
Ancienne décharge communale	✓	
Températures négatives		✓
Pluie et grêle		✓
Brouillard		✓
Vent		✓
Mouvements de terrain		✓
Retrait-gonflement des sols argileux		✓
Foudre		✓
Tempêtes		✓
Voies de circulation non structurantes	✓	

Les enjeux recensés au sein des aires d'étude des dangers de chaque éolienne sont représentés sur les cartes suivantes (une carte par aire d'étude). Le nombre de personnes exposées est également renseigné pour chacun d'entre eux.

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E1

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- D 114
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Ancienne décharge communale (site abandonné)

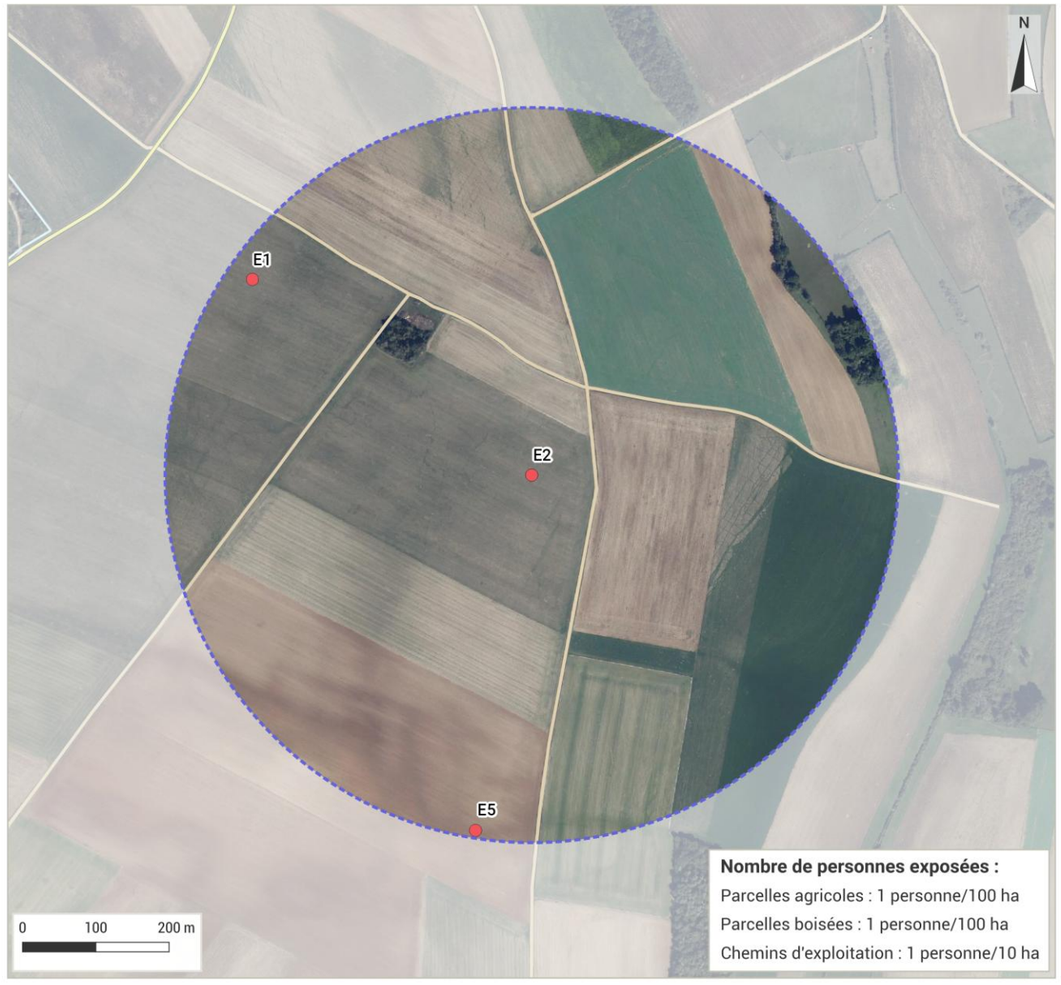
Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, CD 21, ABO Energy

Carte 9 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E1

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E2

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 10 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E2

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E3

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éolienne

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- D 114
- Chemin d'exploitation (sentier de terre)

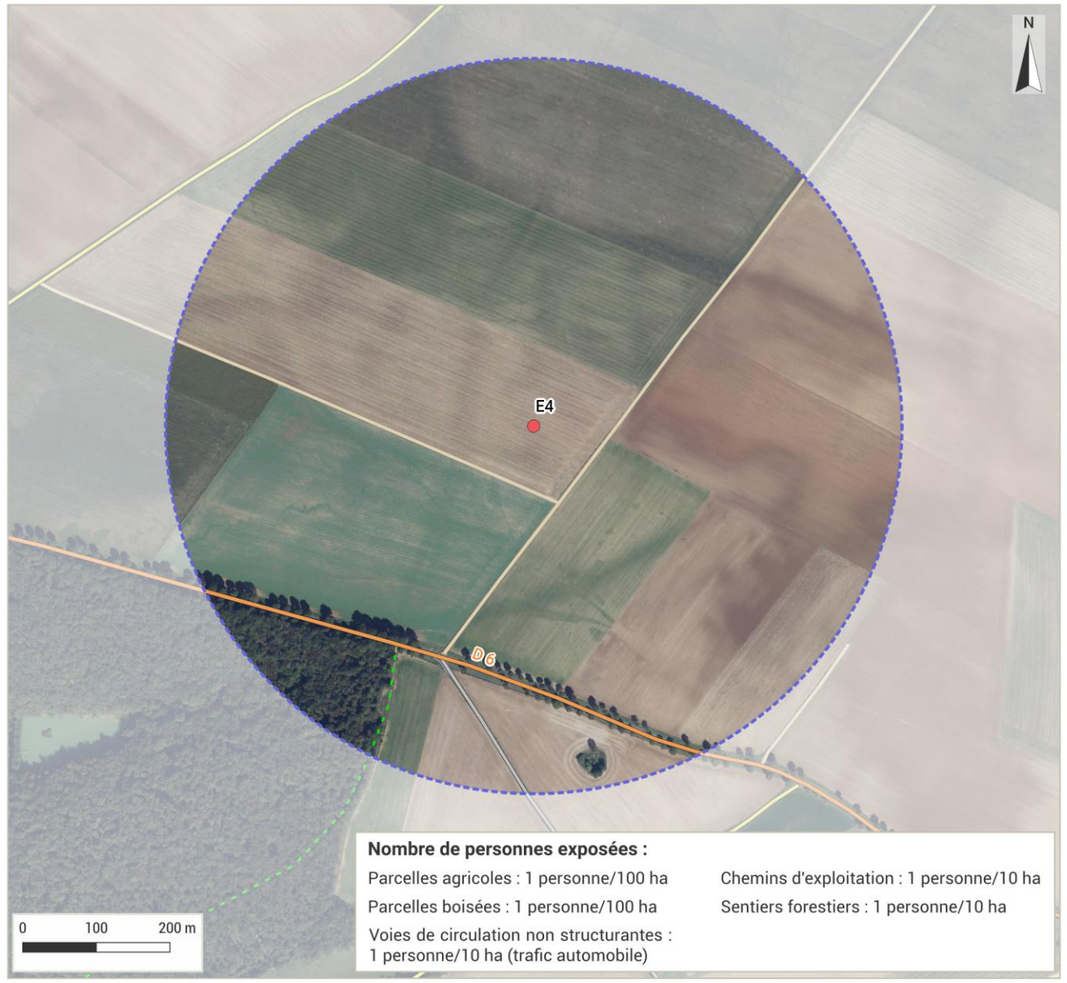
Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 11 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E3

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E4

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éolienne

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- D 6
- Route locale
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Sentier forestier

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 12 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E4

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E5

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 13 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E5

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

3

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 (cf. chapitre IV), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrite précédemment.

3.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien 31
3.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur 31
3.1.2 Principe de fonctionnement d'une éolienne 32
3.1.3 Fonctionnement des réseaux 32
3.1.4 Utilisation des chemins 32
3.1.5 Emprise au sol d'un parc éolien 33
3.2 Caractéristiques de l'installation à l'étude 34
3.2.1 Activité de l'installation 34
3.2.2 Composition de l'installation 34
3.2.3 Caractéristiques du réseau électrique interne 36
3.2.4 Sécurité de l'installation 36



3.1 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 :

- plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée ;
- un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique de l'installation ainsi que des câbles de télécommunication. Ce linéaire de câbles sera appelé « réseau inter-éolien » ou « réseau interne » dans la suite de l'étude ;
- un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique collectant l'électricité produite par les éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité ;
- un réseau de câbles enterrés permettant l'évacuation de l'électricité depuis le(s) poste(s) de livraison vers le réseau public d'électricité, matérialisé par un poste source local. Ce linéaire de câbles constitue le « réseau externe ». Il appartient le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité ;
- un réseau de chemins d'accès, ou « pistes d'accès », assurant la desserte des éoliennes et du/des poste(s) de livraison. Aux pieds des éoliennes, ces pistes d'accès prennent le plus souvent la forme d'une aire stabilisée rectangulaire appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ;
- éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

3.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments (de haut en bas) :

- le **rotor**, qui correspond à l'hélice de l'éolienne. Il est composé de **trois pales** construites en matériaux composites, fixées en partie centrale à une pièce conique : le **moyeu**. Chaque pale est équipée, à l'interface avec le moyeu, d'un système de rotation : le "système de pitch", permettant de contrôler l'orientation de chaque pale et d'ajuster sa prise au vent et donc, celle du rotor ;
- la **nacelle**. Située à l'arrière du rotor, elle abrite plusieurs éléments fonctionnels de l'éolienne :
  - la génératrice : il s'agit du dispositif qui convertit l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - le système de transmission, qui assure le transfert de l'énergie mécanique du rotor vers la génératrice. Deux technologies principales existent :
    - la transmission par « arbre simple » : le moyeu est prolongé par un axe tubulaire métallique horizontal, l'arbre simple, qui se raccorde directement à la génératrice. On parle d'entraînement direct ;
    - la transmission par multiplicateur : l'arbre de transmission est équipé d'un système d'engrenages, le multiplicateur, qui va démultiplier sa vitesse de rotation avant sa connexion à la génératrice. La section de l'arbre de transmission située entre le moyeu et le multiplicateur est qualifiée « d'arbre lent » tandis que celle allant du multiplicateur à la génératrice est appelée « arbre rapide » ;
  - le système de freinage mécanique, positionné sur le système de transmission. Il permet de stopper la course du rotor en cas d'urgence ;
  - le système d'orientation de la nacelle, situé à l'interface entre la nacelle et le mât. Il place automatiquement le rotor face aux vents dominants pour optimiser la production ;
  - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ainsi que le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique. Ils sont placés au sommet de la nacelle. Selon la taille des aérogénérateurs, un balisage complémentaire est également mis en place sur le mât ;
  - en fonction des modèles, la nacelle peut abriter les dispositifs de mise aux normes de l'électricité produite pour son injection sur le réseau électrique national :
    - le convertisseur, qui va stabiliser la fréquence du courant produit, variable en sortie de génératrice, à une valeur fixe de 50 Hz ;
    - le transformateur électrique, qui va élever la tension du courant au niveau requis pour le réseau public de distribution : 20 000 V ;
- le **mât**, composé généralement de plusieurs tronçons en acier (= mât acier) ou d'anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier (= mât hybride). C'est lui qui abrite les dispositifs de normalisation du courant électrique s'ils ne sont pas dans la nacelle.

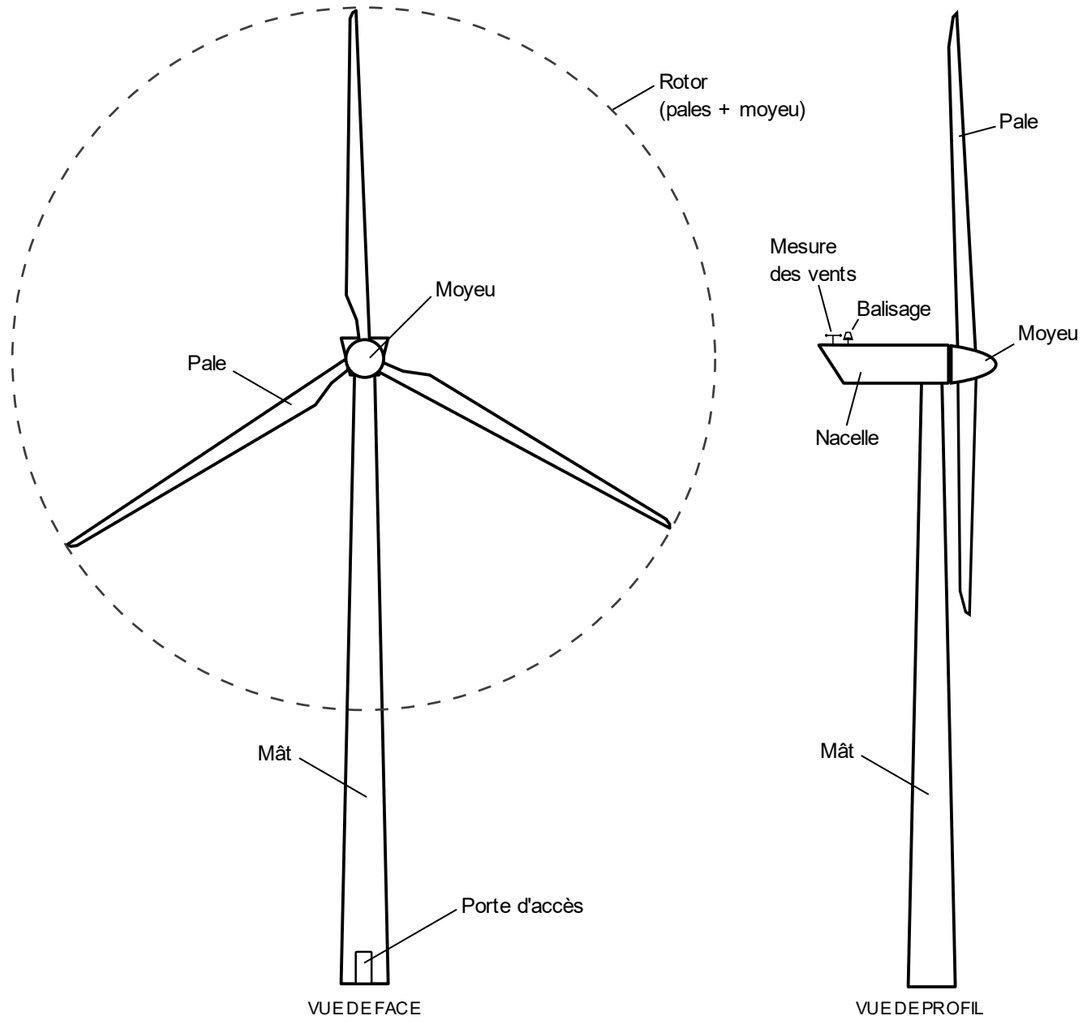


Illustration 5 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (Source : Aelys Environnement)

3.1.2 Principe de fonctionnement d'une éolienne

3.1.2.1 La production d'électricité

L'objectif d'une éolienne est la production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Pour ce faire, différents mécanismes se succèdent. Ils sont décrits ci-dessous.

La première étape consiste à **maximiser la quantité d'énergie reçue** par l'aérogénérateur afin d'optimiser sa production électrique. Deux mécanismes fonctionnant de manière autonome et automatique sont alors sollicités :

- le système d'orientation de la nacelle, qui va faire pivoter cette dernière sur son axe afin de positionner le rotor, dont elle est solidaire, face au vent dominant ;
- les systèmes d'orientation des pales, qui vont optimiser la prise au vent du rotor, ceci afin qu'il capte un maximum d'énergie.

Ces mécanismes s'appuient sur les données de vent collectées par les outils de mesure présents en sommet de nacelle : la girouette, qui permettra d'indiquer la direction du vent dominant pour positionner le rotor, et l'anémomètre, qui précisera la force du souffle afin d'ajuster la prise au vent de chaque pale.

Une fois le rotor en mouvement, le **système de transmission**, fixé à l'arrière du moyeu, va **transférer cette énergie de rotation à la génératrice qui va alors la convertir en électricité**.

Cette électricité, produite sous forme de courant alternatif, ne dispose pas des caractéristiques nécessaires à son injection sur le réseau électrique national : sa fréquence est en effet variable, du fait d'une vitesse de vent non constante, et sa tension est trop faible (inférieure à 1 000 V). Elle va donc être **normalisée par le convertisseur et le transformateur**, pour atteindre une fréquence stable de 50 Hz et une tension de 20 000 V.

L'électricité produite est ensuite transférée vers un poste de livraison *via* le réseau inter-éolien.

3.1.2.2 Capacité de production et vitesse de vent

Le vent est une ressource fluctuante. Par conséquent, l'énergie reçue par l'éolienne n'est pas constante, tout comme sa production électrique.

Ainsi, en cas de vents trop faibles (< 12 km/h environ), l'énergie reçue est insuffisante pour mettre en mouvement le rotor. La production électrique est alors nulle. Si le souffle s'intensifie et permet l'activation du rotor, l'éolienne est alors en mesure de produire de l'électricité. Cette production augmentera avec la vitesse du vent jusqu'à ce que l'aérogénérateur atteigne sa capacité optimale de production : on parle alors de **puissance nominale**. Elle est généralement atteinte pour des vitesses de vents comprises entre 45 et 90 km/h. La période transitoire durant laquelle le rotor tourne sans avoir atteint sa vitesse de production optimale (appelée « vitesse nominale ») est qualifiée de **plage des charges** ; elle est comprise entre 12 et 45 km/h environ.

Durant ces périodes de production, les systèmes d'orientation des pales permettent un ajustement constant de la portance du rotor par rapport aux vitesses de vents. Ceci assure une optimisation de la production, notamment lors de la plage des charges (maximisation de la prise aux vents), et permet de maintenir une vitesse contrôlée du rotor, une fois la capacité de production optimale de l'éolienne atteinte (puissance nominale).

3.1.2.3 Les dispositifs de sécurité en cas de vents violents

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 90 km/h durant une certaine période de temps (critères variables selon les modèles), le rotor est mis à l'arrêt afin d'éviter tout risque de casse et d'accident. Cet arrêt se fait par la **mise en drapeau des pales** : les systèmes d'orientation vont positionner les pales de profil par rapport au souffle du vent, ceci afin de minimiser leur portance. Le rotor va alors tourner lentement et la génératrice sera déconnectée du réseau, par mesure de sécurité. En cas d'emballement du rotor (scénario accidentel), un second système de protection est activé : il s'agit du **frein mécanique** placé sur le système de transmission, qui sera en mesure de stopper le mouvement de l'hélice.

3.1.3 Fonctionnement des réseaux

La prise en charge et le transfert de l'électricité produite par les éoliennes repose sur un principe de fonctionnement commun à la majorité des parcs éoliens terrestres. Il est illustré ci-dessous.

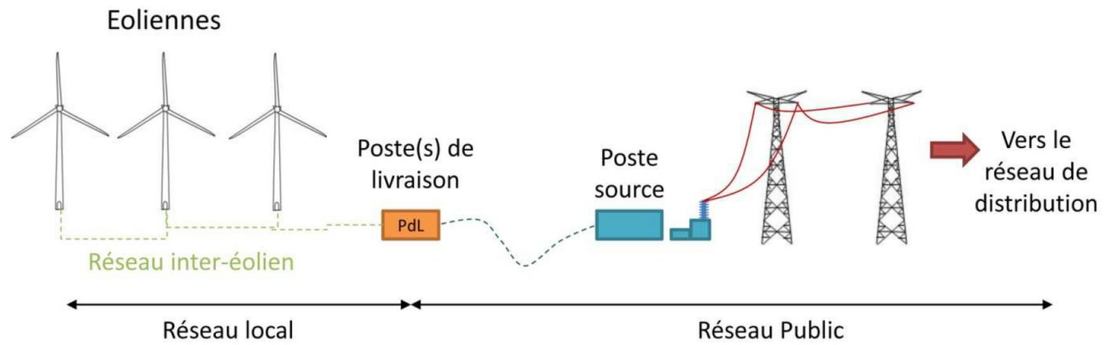


Illustration 6 : Le raccordement électrique d'un parc éolien

Le **réseau inter-éolien** permet de relier le transformateur présent dans chaque aérogénérateur, au poste de livraison, point de raccordement avec le réseau public. Le réseau interne comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles sont enfouis à une profondeur minimale de 85 cm.

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 ou leur configuration, peuvent posséder plusieurs postes de livraison. La localisation exacte des emplacements des postes de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

Le **réseau électrique externe** relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public d'électricité). Son tracé ainsi que les travaux d'implantation sont réalisés par le gestionnaire local du réseau de distribution. Il est lui aussi entièrement enterré.

3.1.4 Utilisation des chemins

Pour accéder à chaque aérogénérateur, **le réseau de routes et chemins existants est privilégié. Des pistes nouvelles sont toutefois aménagées** afin de permettre l'arrivée des convois aux pieds des éoliennes, implantées le plus souvent en retrait des routes existantes. Ces axes sont empruntés aussi bien pour les opérations de construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à son exploitation.

Les voies existantes non adaptées au gabarit des engins de chantier font l'objet d'aménagements : élargissement et/ou renforcement de la bande roulante. Ces opérations concernent le plus souvent les chemins agricoles ou forestiers desservant le site de l'installation.

Durant les phases de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces différents axes pour acheminer les éléments constitutifs des éoliennes et leurs annexes. Durant la phase d'exploitation, ils sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance.

3.1.5 Emprise au sol d'un parc éolien

Un parc éolien nécessite, pour sa construction et son exploitation, des aménagements au sol :

- certains, mis en place durant la phase de construction, sont supprimés, ou non visibles, durant l'exploitation de l'installation :
  - les **fondations** des éoliennes : l'ancrage au sol des aérogénérateurs se fait grâce à d'imposants massifs en béton armé, enfouis et généralement de forme circulaire : les fondations, dont les dimensions dépendent du gabarit de l'éolienne et des caractéristiques du sol. Une fois implantées, les fondations sont recouvertes par les terres préalablement excavées. Seule la partie supérieure, appelée « fût », sur laquelle est boulonnée la base du mât, est visible ;
  - les **tranchées nécessaires à la mise en place du réseau interne** : le réseau électrique et de télécommunication du parc éolien est enterré. Les tranchées réalisées pour son implantation sont donc comblées une fois les câbles posés. Cette opération ne laisse pas d'emprise au sol en phase d'exploitation ;
  - les **surfaces de chantier** : destinées à certaines manœuvres (aires de retournement par exemple), à l'implantation de la base vie et au stockage des terres excavées et de certains composants des éoliennes, ces surfaces temporaires sont supprimées une fois l'étape de construction achevée ;
- d'autres, sont maintenus et visibles tout au long de l'exploitation du parc :
  - les **plateformes** : présentes aux pieds de chaque aérogénérateur, elles correspondent aux aires sur lesquelles la grue est implantée pour l'assemblage des éoliennes en phase de construction. De forme rectangulaire, elles sont généralement conservées en phase d'exploitation afin de permettre une intervention rapide en cas d'opération lourde (remplacement de pale par exemple). La taille des plateformes varie en fonction du modèle et du gabarit d'éoliennes ainsi que de la configuration du site d'implantation ;
  - les **pistes d'accès** : mises en place lors des travaux de construction pour la desserte du site et le déplacement des engins de chantier, elles sont maintenues lors de l'exploitation afin d'assurer l'accès aux installations du parc.

Concernant les **éoliennes**, leur emprise physique au sol se limite à la surface de la base du mât, qui repose sur le fût de la fondation. Pour autant, le **surplomb du rotor**, surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, couvre une surface notable correspondant à un disque de rayon égal à celui du rotor ; ce dernier pouvant effectuer une rotation de 360° par rapport à l'axe du mât.

Le schéma suivant illustre les emprises visibles d'un parc éolien en phase d'exploitation. Elles seront utiles pour la suite de l'étude.

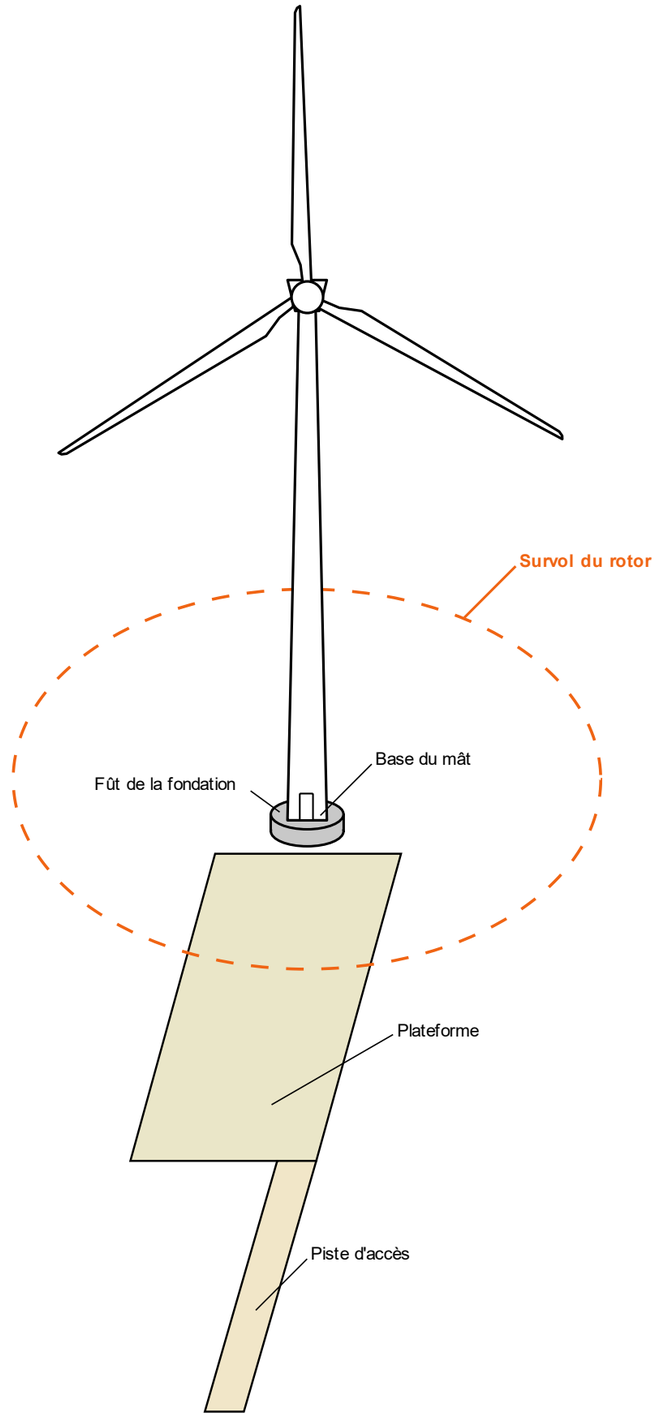


Illustration 7 : Emprises au sol d'une éolienne en phase d'exploitation (Source : Aelys Environnement)

3.2 CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION À L'ÉTUDE

3.2.1 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Frôlois est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Les éoliennes qui le composent culminent, en **sommet de nacelle, à une hauteur supérieure à 50 m**. Ce critère soumet l'installation au **régime d'autorisation des installations classées pour la protection de l'environnement (rubrique 2980)**.

3.2.2 Composition de l'installation

Nota : le maître d'ouvrage n'a pas sélectionné de modèle d'aérogénérateur spécifique pour équiper son installation. **Les éoliennes du projet seront donc présentées sous la forme d'un gabarit machine** défini sur la base des critères techniques et dimensionnels des modèles actuellement disponibles et adaptés au site d'implantation. Les dimensions affichées pourront donc être légèrement différentes de celles du modèle finalement retenu, sans pour autant qu'il n'y ait de variations significatives. **Certaines dimensions correspondront par ailleurs à des valeurs seuils qui ne seront pas dépassées, il s'agit : de la hauteur en bout de pale, du diamètre du rotor et de la hauteur du moyeu**.

Le parc éolien de Frôlois est composé de cinq aérogénérateurs et de trois postes de livraison.

Le moyeu des éoliennes culmine à 127,5 m de hauteur tandis que leur rotor mesure 165 m de diamètre. Leur hauteur totale en bout de pale est de 210 m (valeurs maximales – cf. explications ci-dessus).

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

Tableau 7 : Coordonnées des équipements du projet de parc éolien à l'étude

Équipement	Coordonnées (Lambert 93)		Altitude au sol (Z)
	X (longitude)	Y (latitude)	
Éolienne 1 (E1)	824 970,8	6 717 654,3	442,7 m
Éolienne 2 (E2)	825 351,7	6 717 388,0	457,9 m
Éolienne 3 (E3)	824 056,9	6 717 523,4	446,1 m
Éolienne 4 (E4)	824 550,3	6 716 945,1	454,6 m
Éolienne 5 (E5)	825 275,1	6 716 904,6	456,9 m
Poste de livraison n°1 (PDL1)	825 357,6	6 716 723,3	456,4 m
Poste de livraison n°2 (PDL2)	825 395,6	6 717 182,3	454,4 m
Poste de livraison n°3 (PDL3)	824 375,7	6 717 480,1	437,3 m

La carte en page suivante permet de visualiser les différents équipements et aménagements de l'installation en phase d'exploitation. Le réseau interne, enterré, y est également représenté.

Le tableau ci-après présente un découpage fonctionnel du parc éolien à l'étude :

Tableau 8 : Caractéristiques de l'installation étudiée

Éléments de l'installation		Fonction	Caractéristiques
Éoliennes	Rotor	Capter l'énergie cinétique du vent et la convertir en énergie mécanique	Diamètre : 165 m Longueur d'une pale : 81 m Largeur maximale de la pale (corde) : 4,5 m Hauteur de moyeu : 127,5 m
	Nacelle	Supporter le rotor Transférer l'énergie de rotation du rotor à la génératrice (système de transmission) Produire de l'électricité (génératrice) Assurer la mise aux normes de l'électricité produite pour l'injection sur le réseau (convertisseur et transformateur (présents dans le mât selon modèle)) Abriter les dispositifs de contrôle et de sécurité de l'éolienne (frein mécanique, balisage, outils de mesure des vents, etc.)	Système de transmission : entraînement direct ou par multiplicateur (selon modèle) Transformateur : type sec (sans huile) Balisage lumineux de jour (Type A à éclats blanc, visibles à 360°) et de nuit (Type B à éclats rouges ou à faisceaux modifiés, visibles à 360°)
	Mât	Supporter la nacelle et le rotor Supporter le balisage complémentaire (éoliennes de grande hauteur)	Type de mât : acier Hauteur : 125 m Diamètre de la base du mât : 5,8 m Balisage lumineux de jour et de nuit (Type B fixe, rouge, visibles à 360°)
Fondations		Ancrer et stabiliser l'éolienne au sol	Diamètre : 20 à 30 m
Postes de livraison		Collecter l'électricité produite par les éoliennes Interface entre les aérogénérateurs et le poste source local	Hauteur : 2,76 m Emprise au sol : 24,7 m²
Plateformes		Assurer la mise en place et le travail de la grue lors des travaux d'assemblage/désassemblage des éoliennes Permettre une intervention rapide en cas d'opération d'ampleur en phase d'exploitation	Surface unitaire moyenne : 2 690 m²
Chemins d'accès		Assurer le déplacement des engins de chantier (phases travaux) et des véhicules de maintenance (phase exploitation)	Linéaire total de pistes créées : 130 m Emprise totale des pistes et virages créés : 2 660 m² Linéaire de chemin existants réaménagés : 2 875 m
Réseau interne		Transporter l'électricité produite par les éoliennes vers les postes de livraison Communiquer avec les équipements du parc éolien	Linéaire cumulé de tranchées : 2 035 m Profondeur d'enfouissement : 0,85 m Tension électrique : 20 000 V

Le parc éolien à l'étude 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.

Les équipements du projet - Vue d'ensemble

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet

Éoliennes (production électrique)
- Mâts
- Survols des rotors
- Fondations enterrées

Transfert et prise en charge de l'électricité
- Raccordement souterrain
- Postes de livraison

Voirie
- Pistes et virages créés
- Chemins existants renforcés et/ou élargis
- Routes revetues existantes à renforcer si nécessaire

Aménagements annexes
- Plateformes des éoliennes

Limites administratives
- Limites communales

Réalisation : Aelys Environnement, janvier 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 14 : Les équipements du projet de parc éolien de Frôlois

3.2.3 Caractéristiques du réseau électrique interne

L'organisation du réseau électrique interne et ses principales caractéristiques (tracé, linéaire, profondeur) sont présentées sur la carte en page précédente ainsi que dans le Tableau 8.

Le raccordement des éoliennes entre elles et vers les postes de livraison est réalisé en souterrain (creusement de tranchées). Il s'effectue par l'intermédiaire de câbles 20 000 volts enterrés à une profondeur minimale de 85 cm.

Ces câbles sont conformes à la norme NF C 33-226 relative aux réseaux de tensions comprises entre 12 et 36 kV. Ils disposent d'une section conductrice en aluminium ou en cuivre adaptée à la tension supportée, sont résistants à l'écrasement, aux variations de températures, aux intempéries, aux rongeurs et sont non propagateurs de flammes. Selon l'usage et la nature des terrains dans lesquels ils sont implantés, ils peuvent être directement enterrés ou être protégés par des gaines/fourreaux.

3.2.4 Sécurité de l'installation

L'objectif de ce chapitre est de **montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité**.

3.2.4.1 Conformité aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié

L'arrêté du 26 août 2011[4] modifié par la décision du Conseil d'État du 8 mars 2024[5] (dernière modification en date) précise le cadre juridique s'appliquant aux parcs éoliens terrestres soumis à autorisation environnementale (cas du présent projet). Parmi les prescriptions édictées, plusieurs articles portent sur la sécurité de l'installation. Ces articles, ou leurs extraits relatifs à la sécurité, sont rappelés ci-après. La conformité de l'installation au regard de ces dispositions est également justifiée.

<u>Article 3</u> : Éloignement à l'habitat et aux installations à risques majeurs

« *I. - Sans préjudice de la distance minimale d'éloignement imposée par les articles L. 515-44 et le cas échéant L. 515-47 du Code de l'environnement, 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 ;

- d'une installation classée pour la protection de l'environnement relevant de l'article L. 515-32 du code de l'environnement.

II. - Les distances d'éloignement sont mesurées à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur de l'installation. »

Selon cet article, et ceux auxquels il fait référence, les aérogénérateurs du parc à l'étude doivent s'inscrire à une distance minimale de :

- 500 m vis-à-vis des habitations et des zones habitées définies par un document d'urbanisme en vigueur ou dont le projet est arrêté ;
- 300 m de toute installation nucléaire de base (INB) ou installation classée SEVESO.

> ***Conformément aux chapitres 2.2.1 et 2.2.3 du présent rapport, ces distances d'éloignement sont respectées : le lieu d'habitation le plus proche se trouve à 690 m de l'éolienne E4 tandis qu'aucune INB ou ICPE SEVESO n'est présente dans un rayon de 500 m autour des mâts d'éoliennes (> 300 m).***

<u>Article 4 (extrait)</u> : Perturbation des radars et aides à la navigation

« *L'installation est implantée de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars utilisés dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens et de sécurité à la navigation maritime et fluviale.*

En outre, les perturbations générées par l'installation ne remettent pas en cause de manière significative les capacités de fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité à la navigation aérienne civile et les missions de sécurité militaire. »

Radars météorologiques : l'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié précise les distances minimales d'éloignement à respecter pour s'assurer de l'absence de perturbation des éoliennes sur le fonctionnement des radars météorologiques. Elles sont comprises entre 10 et 30 km selon le type de radar considéré : 10 km pour les radars de type X, 20 km pour les radars de type C et 30 km pour les radars de type S. En-deçà de ces distances, une étude des impacts cumulés sur les risques de perturbations est obligatoire. La consultation des données en lignes de Météo-France met en évidence un **respect de ces distances minimales d'éloignement : le radar le plus proche, Blaisy-Haut (type C), s'inscrit à près de 22,2 km (> 20 km) de la première éolienne du projet tandis que le second radar identifié est à plus de 30 km**.

Radars pour la sécurité de la navigation maritime et fluviale : selon l'article 4, les radars visés par une distance d'éloignement minimale des éoliennes sont les radars portuaires (recul de 20 km) et les radars des Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage (CROSS) (recul de 10 km). Ces différents radars se trouvent en façade littorale. Ainsi, au regard de la situation du projet, à près de 370 km de la façade littorale la plus proche, **aucun risque de perturbation des radars précités n'est attendu**.

Radars et aides à la navigation de l'aviation civile : conformément aux données présentées au chapitre 2.4.1.2, le site du projet n'est « *affecté d'aucune servitude ou contrainte aéronautique rédhibitoire liée à la proximité d'un aérodrome civil, à la circulation aérienne ou à la protection d'appareils de radio-navigation* » (source : courrier de la Direction Générale de l'Aviation Civile en date du 16 janvier 2023).

Radars et aides à la navigation de l'aviation militaire : dans le cadre d'un échange par courriel réalisé au cours de l'été 2021, la Direction de la Circulation Aérienne Militaire (DIRCAM) précisait au maître d'ouvrage que le site du projet se situait « *au-delà de trente kilomètres des radars des armées (Dijon)* » et que la réalisation d'un projet de parc éolien dans cette emprise resterait « *acceptable vis-à-vis du radar de Dijon* » pour des aérogénérateurs de 240 m de hauteur maximale. L'installation à l'étude respecte ces conditions de localisation et de hauteur (éoliennes de 210 m de hauteur sommitale maximale).

> ***Au regard de la localisation du site d'implantation retenu et du gabarit des éoliennes, le projet ne sera pas de nature à perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des outils d'aide à la navigation utilisés par Météo-France, l'Aviation Civile et les services des Armées.***

<u>Article 5</u> : Effets stroboscopiques

« *Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment.* »

> ***Aucun bâtiment à usage de bureau n'est présent au sein de la zone d'étude des dangers et donc, dans un rayon de 250 m autour des éoliennes.***

<u>Article 6</u> : Champ magnétique

« *L'installation est implantée de telle sorte que les habitations ne sont pas exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 microteslas à 50-60 Hz.* »

[4] 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.

[5] Décision n° 465036 du 8 mars 2024 du Conseil d'État statuant au contentieux.

Compte tenu de :

- l'éloignement des habitations : 690 m pour la plus proche ;
- la diminution du champ magnétique avec la distance ;
- la tension maximale du courant électrique circulant sur le parc éolien : 20 000 V, **équivalente à celle des câbles de distribution d'électricité maillant l'ensemble du territoire national** ;
- de l'enfouissement des câbles électriques à près d'un mètre de profondeur ;

l'exposition des habitations à un champ magnétique provenant des aérogénérateurs du projet à l'étude peut être qualifiée de négligeable.

Ce constat s'appuie notamment sur un rapport du Sénat intitulé « Les effets sur la santé et l'environnement des champs électromagnétiques produits par les lignes à haute et très haute tension » (mai 2010). Selon ce document, le champ magnétique d'une ligne électrique 20 000 V aérienne, donc non enterrée, est de 6 microteslas (µT) sous cette ligne, 0,2 µT à 30 m et il est nul à 100 m. Les valeurs de champ magnétique des transformateurs associés à ces lignes sont également mesurées : elles sont « *de l'ordre de 20 à 30 µT* » à proximité. Ces résultats sont nettement inférieurs au seuil de 100 µT fixé par l'arrêté du 26 août 2011.

Par ailleurs, le « Guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens terrestres », dans sa version révisée d'octobre 2020, précise que le seuil de 100 µT est « *aisément respecté* » pour tout parc éolien, eu égard de la tension du courant électrique généré par ces installations (≤ 20 000 V). Ceci d'autant plus que le champ magnétique « *diminue rapidement en fonction de la distance* ».

> ***Ainsi, le champ magnétique émis par les éoliennes du projet sera inférieur au seuil 100 µT à 50-60 Hz à respecter au droit des habitations.***

Article 7 : **Accès des secours**

« *Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté* »

> ***Les pistes d'accès de l'installation sont dimensionnées afin de permettre le passage et les manœuvres des véhicules d'incendie et de secours, ceci tout au long de l'exploitation du parc. Elles sont régulièrement entretenues, tout comme les abords de l'installation.***

Article 8 : **Respect des normes et contrôle technique**

« *L'aérogénérateur est conçu pour garantir le maintien de son intégrité technique au cours de sa durée de vie. Le respect de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement,* […] *ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté, permet de répondre à cette exigence.*

Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant la mise en service industrielle de l'installation.

En outre l'exploitant dispose des justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation a fait l'objet du contrôle prévu à l'article R. 125-17 du code de la construction et de l'habitation. »

Les aérogénérateurs sélectionnés pour équiper le parc éolien sont conformes aux normes nationales et internationales sur la sécurité et la conception des éoliennes (**mise à disposition de certificats d'attestation**). Par ailleurs, **le maître d'ouvrage du projet effectuera un contrôle technique** visant à la prévention des différents aléas techniques susceptibles d'être rencontrés dans le cadre de la construction de l'installation, conformément aux articles R.125-17 et L.125-1 du Code de la construction et de l'habitation.

> ***Les dispositions de l'article 8 seront respectées.***

Article 9 : **Mise à la terre**

« *L'installation est mise à la terre pour prévenir les conséquences du risque foudre. Le respect de la norme IEC 61 400-24, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement,* […] *permet de répondre à cette exigence.*

Un rapport de contrôle d'un organisme compétent au sens de l'article 17 de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation atteste de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle. Des contrôles périodiques sont effectués pour vérifier la pérennité de la mise à la terre, selon les périodicités suivantes : une fois par an pour le contrôle visuel et une fois tous les deux ans pour le contrôle avec mesure de la continuité électrique ».

> ***Le parc éolien sera muni de systèmes de protection contre la foudre, incluant une mise à la terre de ses différents équipements, conformément à la norme IEC 61 400-24. Un contrôle de ces dispositifs sera effectué avant la mise en service de l'installation et tout au long de son fonctionnement selon les dispositions précitées.***

Article 10 : **Prévention des risques électriques**

« *L'installation est conçue pour prévenir les risques d'incendie et d'explosion d'origine électrique.*

Pour satisfaire au 1er alinéa :

- les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables ;

- pour les installations électriques non visées par la directive du 17 mai 2006, notamment les installations extérieures à l'aérogénérateur, le respect des dispositions des normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, […] *permet de répondre à cette exigence.*

Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de l'ensemble des installations électriques, avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs ».

La directive du 17 mai 2006, transposée au droit français par le décret n°2008-1156 du 07/11/2008 « relatif aux équipements de travail et aux équipements de protection individuelle », sera appliquée. De la même manière, les installations extérieures seront conformes aux normes de sécurité électrique citées. Un contrôle du respect et de la mise en application de ces différents textes sera effectué avant la mise en service de l'installation. Il fera l'objet d'un rapport mis à la disposition des organismes de vérification et d'inspection du parc éolien.

> ***Les dispositions de l'article 10 seront respectées.***

Article 11 : **Balisage et sécurité aérienne**

« *Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.* »

Conformément aux articles cités, à l'arrêté du 23 avril 2018 « relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne », et comme indiqué au chapitre 3.2.2, les éoliennes de l'installation disposeront d'un balisage diurne et nocturne conforme à la réglementation en vigueur :

- chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux diurne assuré par des feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et sont visibles dans tous les azimuts (360°) ;

- chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux nocturne assuré par des feux d'obstacle de moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd ou feux à faisceaux modifiés respectant la répartition lumineuse donnée par le tableau figurant au chapitre 3.5 de l'Annexe II de l'arrêté du 23 avril 2018). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et sont visibles dans tous les azimuts (360°) ;
- le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m² ;
- compte tenu de la taille des aérogénérateurs (210 m maximum en bout de pale), un balisage complémentaire basse intensité sera mis en place sur les mâts. De type B (rouge, fixe, 32 cd), il sera opérationnel de jour comme de nuit et devra assurer une visibilité du mât à tous les azimuts (360°). Il sera implanté sur un niveau, à 45 m de hauteur, si le modèle retenu n'excède pas 200 m et sur deux niveaux, à 45 et 90 m, s'il dépasse 200 m.

> ***Le balisage nécessaire à la sécurité aérienne sera conforme à la réglementation en vigueur.***

Article 13 : **Accès aux équipements**

« *Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.* »

Le parc éolien à l'étude est un espace non clôturé. Toutefois, les aérogénérateurs et les postes de livraison de l'exploitation sont équipés de portes munies de serrures à barillet ou à code qui ne peuvent être ouvertes que par les membres du personnel autorisés à y accéder et disposant des trousseaux de clés ou codes adéquats.

> ***L'intérieur des éoliennes et des postes de livraison n'est accessible qu'aux membres du personnel de l'exploitation.***

Article 14 : **Repérage des éoliennes et avertissements sur les dangers de l'installation**

« *Chaque aérogénérateur est identifié par un numéro, affiché en caractères lisibles sur son mât. Le numéro est identique à celui généré à l'issue de la déclaration prévue à l'article 2.2.*

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

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;

- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;

- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;

- la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace. »

> ***Les éléments de repérage et les panneaux d'avertissement demandés par l'article 14 seront mis en place sur les différents équipements de l'installation.***

Article 15 : **Formation du personnel et consignation**

« *Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques accidentels visés à la section 5 du présent arrêté, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.*

La réalisation des exercices d'entraînement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, sont consignés dans un registre. Le registre contient également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place. »

> ***Le personnel intervenant sur l'exploitation fera l'objet d'une formation adéquate sur les risques et procédures à suivre en cas d'urgence, avec exercices de mise en situation. Le registre demandé sera dûment complété et mis à disposition.***

Article 16 : **Entreposage de matériaux combustibles**

« *L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.* »

> ***Les dispositions de l'article 16 seront respectées. Aucun matériau combustible ou inflammable ne sera entreposé à l'intérieur des éoliennes.***

Article 17 : **Tests des équipements de sécurité et vérification des installations électriques**

« *Avant toute mise en service industrielle, l'exploitant réalise des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité :*

- un arrêt ;

- un arrêt d'urgence ;

- un arrêt depuis un régime de survitesse ou depuis une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an, l'exploitant réalise des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.

Les installations électriques intérieures et les postes de livraison sont maintenus en bon état et sont contrôlés par un organisme compétent à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance visé à l'article 19.

> ***Les tests de fonctionnement des équipements de sécurité de l'éolienne seront effectués suivant le protocole exigé par le présent article : essai avant mise en service puis au moins une fois par an avec consignation des résultats dans un registre dédié.***
>
> ***Les installations électriques seront également contrôlées suivant un rythme minimal d'une fois par an ainsi qu'après toute modification effectuée sur le système.***

Article 18 : **Maintenance de l'installation**

« *I. - Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans.*

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

III. - L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse.

L'exploitant tient à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps.

Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnent.

IV. - La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19. »

> ***L'exploitant du parc éolien effectuera une maintenance continue de l'installation et de ses équipements de sécurité en respectant les protocoles et échéanciers fixés par l'article 18. Ces opérations seront réalisées par du personnel qualifié.***

Article 19 : **Manuel d'entretien et registre**

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

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

> ***Les documents requis par l'article 19 (manuel d'entretien et registre de maintenance) seront établis, suivis et dûment complétés par l'exploitant. Ils seront tenus à la disposition des services d'inspection de l'installation.***

Articles 20 - 21 : **Élimination des déchets**

« *L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.* »

« *Les déchets non dangereux (définis à l'article R. 541-8 du code de l'environnement) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées.*

Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités. »

> ***L'ensemble des déchets produits dans le cadre de l'exploitation ainsi que des travaux de construction et de démantèlement de l'installation, sera collecté par des entreprises spécialisées et amené vers des filières de traitement, de valorisation et/ou de recyclage adaptées. Aucun déchet ne sera abandonné, brûlé ou enfoui sur place.***

Article 22 : **Consignes de sécurité pour le personnel**

« *Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :*

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

- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt (notamment pour les défauts de structures des pales et du mât, pour les limites de fonctionnement des dispositifs de secours notamment les batteries, pour les défauts de serrages des brides) ;

- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;

- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours ;

- le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes (procédures à suivre par les personnels afin d'assurer l'accès à l'installation aux services d'incendie et de secours et de faciliter leur intervention).

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

> ***L'exploitant du parc éolien s'engage à porter à la connaissance du personnel intervenant sur l'exploitation l'ensemble des consignes de sécurités inhérentes au parc éolien.***

Article 23 : **Réactivité en cas d'anomalie/accident**

« *En cas de détection d'un fonctionnement anormal notamment en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse d'un aérogénérateur, l'exploitant ou une personne qu'il aura désigné et formé est en mesure :*

- de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai maximal de 60 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ;

- de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. »

Comme indiqué à l'article 18, l'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse. Ces dispositifs, dont un contrôle régulier de l'efficacité est effectué, sont reliés au système de contrôle et de surveillance à distance de la centrale éolienne : le "SCADA" (Supervisory Control and Data Acquisition).

En cas d'alarme, le SCADA alerte immédiatement une personne d'astreinte, joignable 24h/24 et 7j/7. Celle-ci est alors en mesure de prévenir les services de secours et d'activer, si nécessaire, les systèmes de sécurité de l'installation, *via* ce dispositif de contrôle à distance. À noter que certains dispositifs de sécurité s'activent automatiquement en cas d'anomalie.

> ***Le système de contrôle et de surveillance à distance de l'installation assure le respect des dispositions de l'article 23.***

Article 24 : **Lutte contre l'incendie**

« *Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte et de prévention contre les conséquences d'un incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, composé a minima de deux extincteurs placés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.* »

Les équipements de lutte contre l'incendie requis par les dispositions de l'article 24 seront présents dans chaque éolienne de l'installation. Ils seront visibles, accessibles et adaptés aux types de feux pouvant se déclencher.

Article 25 : **Dangers relatifs à la formation de glace**

« Chaque aérogénérateur 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 est mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales permettant de prévenir la projection de glace. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel.

Cet article n'est pas applicable aux installations pour lesquelles l'exploitant démontre, notamment sur la base de données météorologiques ou de caractéristiques techniques des aérogénérateurs, que l'installation n'est pas susceptible de générer un risque de projection de glace. »

Les éoliennes de l'installation répondront aux impératifs cités. Elles seront équipées de systèmes de détection ou de déduction de formation de glace.

Articles 26 - 27 - 28 : **Nuisances sonores**

Les articles 26, 27 et 28 de l'arrêté du 26 août 2011 fixent les règles à respecter en matière de nuisances sonores dans le cadre de l'exploitation et des travaux liés au projet : émergences à ne pas dépasser, niveau de bruit maximal, comportement en cas de bruit à tonalité marquée, conformité des véhicules de chantier et de maintenance, protocole de vérification de la conformité acoustique de l'installation, normes sur les mesures de bruit effectuées.

Le maître d'ouvrage du projet s'engage à respecter l'ensemble des dispositions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatives aux bruits de l'installation. Une étude détaillée visant à modéliser les incidences acoustiques du parc éolien et à attester du respect théorique de la réglementation est consultable dans le dossier d'étude d'impact sur l'environnement (cf. Pièce 2a du DDAE).

3.2.4.2 Normes et certifications

De par leur technicité et les risques qu'ils peuvent représenter, les parcs éoliens répondent à un ensemble de normes, standards et certifications indispensables à leur mise sur le marché.

Une liste exhaustive de ces différents textes ne pourrait être menée tant ceux-ci sont nombreux (plusieurs centaines). Néanmoins, l'arrêté du 26 août 2011 modifié cite les principales références auxquelles l'installation devra se conformer :

- la **norme internationale IEC 61 400**. Publié par la Commission Électrotechnique Internationale (CEI), ce recueil technique précise les critères de conception minimums auxquels les aérogénérateurs doivent répondre pour bénéficier d'un niveau de protection et de résistance adapté face aux dangers auxquels ils seront confrontés tout au long de leur exploitation. La norme IEC 61 400 se décompose en différentes parties : exigences générales de conception, exigences propres aux multiplicateurs, méthodes de mesure du bruit, mesure des charges mécaniques, protection contre la foudre, systèmes de communication et de contrôle, etc. L'arrêté du 26 août 2011 cite, dans ses articles 8 et 9, les parties relatives aux exigences de conception des aérogénérateurs (IEC 61 400-1, ou NF EN 61 400-1) et aux équipements de protection contre la foudre (IEC 61 400-24) ;
- les **normes et textes fixant les règles à respecter face au risque électrique** : directive européenne du 17 mai 2006 relative aux machines (transposée au droit français par le décret n°2008-1156 du 07/11/2008), normes nationales NF C 15-100 (protection des installations et des personnes sur les installations basse tension), NF C 13-100 (norme s'appliquant aux postes de livraison) et NF C 13-200 (norme s'appliquant aux installations électriques à haute tension pour les sites de production d'énergie électrique, dont leurs postes de livraison, exceptés les postes déjà visés par la norme NF C 13-100).

3.2.4.3 Organisation des services de secours en cas d'accident

Comme indiqué précédemment, l'installation sera équipée d'un système de communication et de surveillance à distance, le SCADA, connecté aux différents capteurs, systèmes d'acquisition de données et dispositifs d'alerte présents dans les aérogénérateurs.

En cas d'anomalie détectée, voire d'alarme, le SCADA va immédiatement communiquer l'alerte à l'exploitant de l'installation afin qu'il puisse, si nécessaire, déclencher les dispositifs de sécurité adaptés et avertir au plus vite les services de secours.

Dans le cas d'une alarme incendie, l'exploitant informe dans un délai de 15 minutes les services de secours, conformément à l'article 23 de l'arrête du 26 août 2011 modifié. Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien.

Les moyens d'intervention de secours ou de lutte contre les incendies sont basés sur des moyens externes (sapeurs-pompiers, gendarmerie).

L'exploitant détermine un plan d'intervention en accord avec les services départementaux de secours. Ce plan permettra à l'exploitant de communiquer aux sapeurs-pompiers ses préconisations quant aux procédures d'intervention en cas d'incendie. Par exemple, en cas d'incendie avancé, l'exploitant préconisera aux sapeurs-pompiers de se concentrer sur le barrage de l'accès au foyer d'incendie et définira un rayon de sécurité à mettre en place autour de l'éolienne.

3.2.4.4 Stockage et flux de produits dangereux

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

LES POTENTIELS DE DANGERS DU PARC

4

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 pour leur part traitées dans l'analyse de risques (chapitre 6).

4.1 Potentiels de dangers liés aux produits 43
4.1.1 Détails sur les produits utilisés 43
4.1.2 Dangers associés 43
4.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 43
4.3 Réduction des potentiels de dangers à la source 44
4.3.1 Principales actions préventives 44
4.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles 44



4.1 POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

Durant la phase d'exploitation, le processus de production d'électricité par les éoliennes ne demande aucune matière première ni aucun produit, à l'exception du vent. Cette activité ne génère par ailleurs pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les seuls produits identifiés dans le cadre de l'activité du parc éolien à l'étude sont :

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

4.1.1 Détails sur les produits utilisés

Les principales substances utilisées dans les éoliennes du projet à l'étude sont :

- les **huiles et graisses** nécessaires à la lubrification des pièces en mouvements. On les retrouve notamment au sein du multiplicateur (pour les modèles qui en disposent), du système de rotation de la nacelle, de l'arbre de transmission et des différents roulements de la turbine. Le multiplicateur est la pièce contenant le plus gros volume d'huile, avec jusqu'à 1 000 L par aérogénérateur. Les autres produits lubrifiants représentent, en cumulé, une centaine de litres ;
- les **huiles hydrauliques**, qui permettent la mise en mouvement des composants hydrauliques de l'éolienne tels que le frein mécanique ou les systèmes d'orientation des pales. Elles représentent un volume variable selon les modèles d'éoliennes, qui ne dépasse pas les 300 L ;
- le **liquide de refroidissement**, indispensable à la régulation thermique des équipements de l'éolienne. Il est généralement constitué d'eau glycolée et/ou d'huile. Le volume présent dans les aérogénérateurs est inférieur à 300 L.

Outre les produits identifiés dans les éoliennes, un gaz isolant est également présent dans les cellules de protection électriques des postes de livraison : **l'hexafluorure de soufre (SF6)**. Il se trouve en quantités limitées, généralement inférieures à 5 kg.

D'autres produits sont utilisés durant les opérations de maintenance des éoliennes : **produits de nettoyage et d'entretien des installations**. Ils représentent néanmoins des quantités minimes, de l'ordre de quelques litres, et ne sont présents que ponctuellement sur le site, durant ces opérations.

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

L'exploitant pourra apporter des détails sur la nature et les quantités de produits utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes au moment de la mise en service de l'installation.

4.1.2 Dangers associés

Les dangers relatifs aux produits précités sont :

- **l'incendie** : les huiles, graisses et liquides de refroidissement présents dans l'éolienne ont un pouvoir combustible. Ils ne sont donc pas en mesure de déclencher un incendie mais peuvent le propager en cas de départ de feu ;
- **la toxicité** : ce risque concerne principalement l'hexafluorure de soufre, qui peut s'avérer suffocant en cas d'inhalation à forte concentration. Néanmoins, au vu des quantités limitées de ce gaz au sein de l'installation et de la ventilation des locaux dans lesquels il se trouve, ce risque est limité ;
- **la pollution des milieux** : en cas de fuite ou de déversement accidentel, les produits contenus dans une éolienne pourraient contaminer les sols et s'infiltrer dans les nappes d'eau sous-jacentes ou proches. Un risque pour la santé humaine serait alors envisageable en cas d'atteinte d'une nappe exploitée pour l'alimentation en eau potable.

> ***Compte tenu de leur typologie et des volumes impliqués, il apparaît que les produits utilisés dans le cadre de l'exploitation du parc éolien présentent un danger limité pour la santé humaine. Les principaux risques identifiés sont la propagation d'un incendie ou la pollution des milieux à proximité des aérogénérateurs.***

4.2 POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien à l'étude 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 ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Les dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

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	Énergie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Énergie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'éolienne	Réseau électrique	Court-circuit	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments ou de la nacelle entière	Énergie cinétique de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Énergie cinétique des objets

4.3 RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

4.3.1 Principales actions préventives

Cette partie explique les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

4.3.1.1 Choix de l'emplacement de l'installation

Dans le cadre de la définition des contours de la zone d'implantation potentielle (ZIP) du parc éolien, territoire au sein duquel les différentes possibilités d'implantation de l'installation sont étudiées, **le maître d'ouvrage a observé les principes de précaution suivants** :

- **évitement des servitudes aériennes des aviations civile et militaire** liées aux radars, aux réseaux très basse altitude et aux planchers de vols et **respect d'un retrait minimal (zones tampon) vis-à-vis des aéroports, aérodromes et autres bases militaires**. Ces mesures visent à s'assurer que les éoliennes n'interceptent aucun couloir de vol (risque de collision) et à éviter toute perturbation significative susceptible de constituer un danger pour les équipages (perturbation des communications par exemple) ;
- **observation d'un recul minimal vis-à-vis des autoroutes, des voies ferrées et des réseaux de transport de gaz et d'électricité**, afin de limiter les risques d'interactions entre les éoliennes et ces infrastructures fréquentées et/ou à risque en cas d'accident.

Par ailleurs, **dans le cadre des réflexions sur le positionnement des éoliennes au sein de la ZIP, il a été décidé** :

- de **s'écarter des secteurs exposés à l'aléa glissement de terrain (combes et vallons)**, risque pouvant causer un déséquilibre des aérogénérateurs ;
- d'**éviter le faisceau hertzien dédié aux communications des forces de sécurité nationale et de secours (police, gendarmerie, SAMU, SIDS, etc.) et sa zone de protection**, identifiés au sud de la ZIP. La présence d'éoliennes sur ce secteur pourrait en effet perturber les communications transmises par le faisceau avec un risque de mise en danger des personnes visées par une intervention et/ou des équipes mobilisées ;
- **d'implanter le projet en dehors des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable** identifiés au sud du site. Aucun risque de pollution des eaux captées n'est donc attendu en cas de fuite accidentelle d'huile ou de liquide de refroidissement sur une éolienne ;
- d'**observer un recul minimal de 50 m vis-à-vis des forêts du secteur**, réduisant ainsi notablement le risque de propagation d'un feu de forêt aux éoliennes. Les aérogénérateurs du projet retenu s'inscrivent à 270 m des plus proches lisières.

4.3.1.2 Choix des caractéristiques des éoliennes

Le modèle d'aérogénérateur qui sera retenu pour équiper l'installation sera adapté aux caractéristiques de vent du site, au travers de sa « classe de vent ». Chaque modèle d'éolienne est en effet associé à une classe de vent établie par la norme internationale IEC (International Electrotechnical Commission) 61400-1, qui définit la vitesse des vents qu'il peut supporter. Les principaux critères de détermination de ces classes sont la vitesse de vent moyenne annuelle à laquelle la turbine est conçue pour résister et la vitesse de vent extrême qu'elle peut supporter durant trois secondes (rafale avec une périodicité d'occurrence d'une fois tous les 50 ans). Ainsi, les turbines retenues seront dimensionnées pour faire face aux vents violents susceptibles de balayer le site.

4.3.1.3 Conclusion

> ***Dans le cadre de la conception du projet, le maître d'ouvrage a effectué différents choix permettant de limiter les potentiels de dangers : site d'implantation en retrait des espaces aériens présentant une sensibilité vis-à-vis des éoliennes, observation d'un recul minimal par rapport aux principales infrastructures de transport et réseaux du département, évitement des secteurs associés à un risque connu (mouvement de terrain, feu de forêt), évitement d'un faisceau hertzien dédié aux interventions des forces de sécurité et de secours, évitement des périmètres de protection de captages d'eau potable sensibles aux pollutions, sélection de modèles d'aérogénérateurs adaptés aux vents violents du secteur.***

4.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED (Industrial Emissions Directive), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

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

Cette directive, et plus précisément son second chapitre, a été transposé au droit français par l'intermédiaire de l'Ordonnance n° 2012-7 du 5 janvier 2012. Ce texte est décrit comme un complément au cadre législatif applicable aux activités industrielles et agricoles pouvant être à l'origine de pollutions (activités énergétiques, production et transformation de métaux, industrie minérale, industrie chimique, gestion des déchets, élevages intensifs, etc.).

L'ordonnance prévoit, pour ces installations, le recours aux meilleures techniques disponibles, une procédure de réexamen périodique des autorisations, ainsi que des dispositions relatives à la protection des sols et à la remise en état du site en fin d'activité, et précise les modalités de participation du public.

> ***Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive européenne, ni à l'ordonnance nationale qui en découle.***

5

ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne ; ceci afin de faire émerger les typologies d'accident rencontrés sur les parcs éoliens, tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés et susceptibles de concerner l'installation à l'étude. Elles permettent également d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

5.1 Inventaire des accidents et incidents 47
5.1.1 Inventaire des accidents et incidents en France 47
5.1.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international 49
5.2 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 50
5.2.1 Analyse de l'évolution des accidents en France 50
5.2.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents 51
5.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie 51



5.1 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS

L'analyse des retours d'expérience sur le accidents et incidents survenus sur les installations éoliennes nécessite un recensement aussi exhaustif et détaillé que possible de ces évènements.

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle spécialement dédiée à l'accidentologie dans la filière éolienne. Différentes sources ont donc été consultées (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en matière de structuration des données que de détail de l'information.

L'inventaire de l'accidentologie a été effectué à l'échelle des installations françaises, puis internationales.

5.1.1 Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des accidents et incidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien à l'étude.

Cet inventaire se base sur les sources suivantes :

- le « **Rapport sur la sécurité des installations éoliennes** » (juillet 2004), établi par le Conseil Général des Mines (CGM). Ce document fournit des indications sur les premiers évènements survenus sur les parcs éoliens français ;
- les **communiqués de presse de France Énergie Éolienne et du Syndicat des Énergies Renouvelables** ainsi que des **exploitants éoliens** (évènements recensés entre 2000 et début 2012) ;
- les **sites internet des associations « Vent de colère » et « Fédération Environnement Durable »** (évènements recensés entre 2000 et début 2012) ;
- la **base de données gouvernementale ARIA** (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents), référence du retour d'expérience sur les accidents technologiques en France. Elle répertorie les incidents et accidents qui ont porté, ou auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement. Les évènements ayant touché les parcs éoliens du pays, entre 2002 et aujourd'hui, y sont consignés ;
- les **informations collectées dans les médias** (journaux, articles de presse, etc.), en particulier concernant les évènements les plus récents. En effet, la base ARIA ne donne pas un accès immédiat aux derniers accidents et incidents survenus, ceci raison des délais induits par les travaux de collecte, de vérification et de publication des données.

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 (évènements non cités par la base ARIA).

En l'état actuel, la base de données sur l'accidentologie française, initiée par le groupe de travail en charge du guide technique pour l'élaboration des études de dangers de parcs éoliens et complétée par le bureau d'études Aelys Environnement, apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000, période d'implantation des premières éoliennes en France. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. **Un total de 158 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2026** (voir tableau détaillé en annexe).

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

Le graphique en page suivante montre la **répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français** entre 2000 et début 2026. **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 du rotor complet, chute d'éléments, incendie, perte d'huile et projection de glace, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Ils sont représentés 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.

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont :

- *les ruptures de pale (38,0 %), menant à la chute et/ou à la projection d'éléments. Les principales causes connues sont les défauts matériels ou de conception. Une part notable d'évènements dont la cause demeure inconnue est également recensée ;*
- *les incendies (22,2 %), dont la principale cause est le dysfonctionnement électrique. Les incendies peuvent entraîner la chute et/ou la projection d'éléments incandescents susceptibles d'embraser la végétation environnante. Ils peuvent également être à l'origine de suraccidents tels que la chute de pale ou encore le déversement des huiles contenues dans les équipements calcinés ;*
- *les pertes d'huile (15,2 %), généralement liées à la rupture d'un composant (flexible, etc.) ou à des erreurs de maintenance (mauvais serrage d'un composant par exemple) ;*
- *les chutes de pales (8,9 %), le plus souvent associées à un défaut matériel ou de conception entraînant le détachement de la pale au niveau de sa jonction avec le moyeu ;*
- *les chutes d'éléments hors pales (7,0 %), le plus souvent tombés de la nacelle. Le défaut de matériel ou de conception en est la cause la plus fréquente bien que plusieurs évènements non expliqués soient identifiés ;*
- *les effondrements d'éoliennes (7,0 %), causés le plus souvent par des tempêtes et vents violents. Leur origine est fréquemment associée à la formation d'un balourd sur le rotor (rupture d'une ou de plusieurs pales), créant un déséquilibre de l'aérogénérateur puis une pliure ou une cassure du mât ;*
- *les chutes de rotor complet (1,3 %), systématiquement liées à une désolidarisation de l'arbre de transmission ;*
- *la projection de morceaux de glace (0,6 %) dont le seul évènement recensé est lié à la défaillance du système de détection/déduction de la formation de glace sur les pales.*

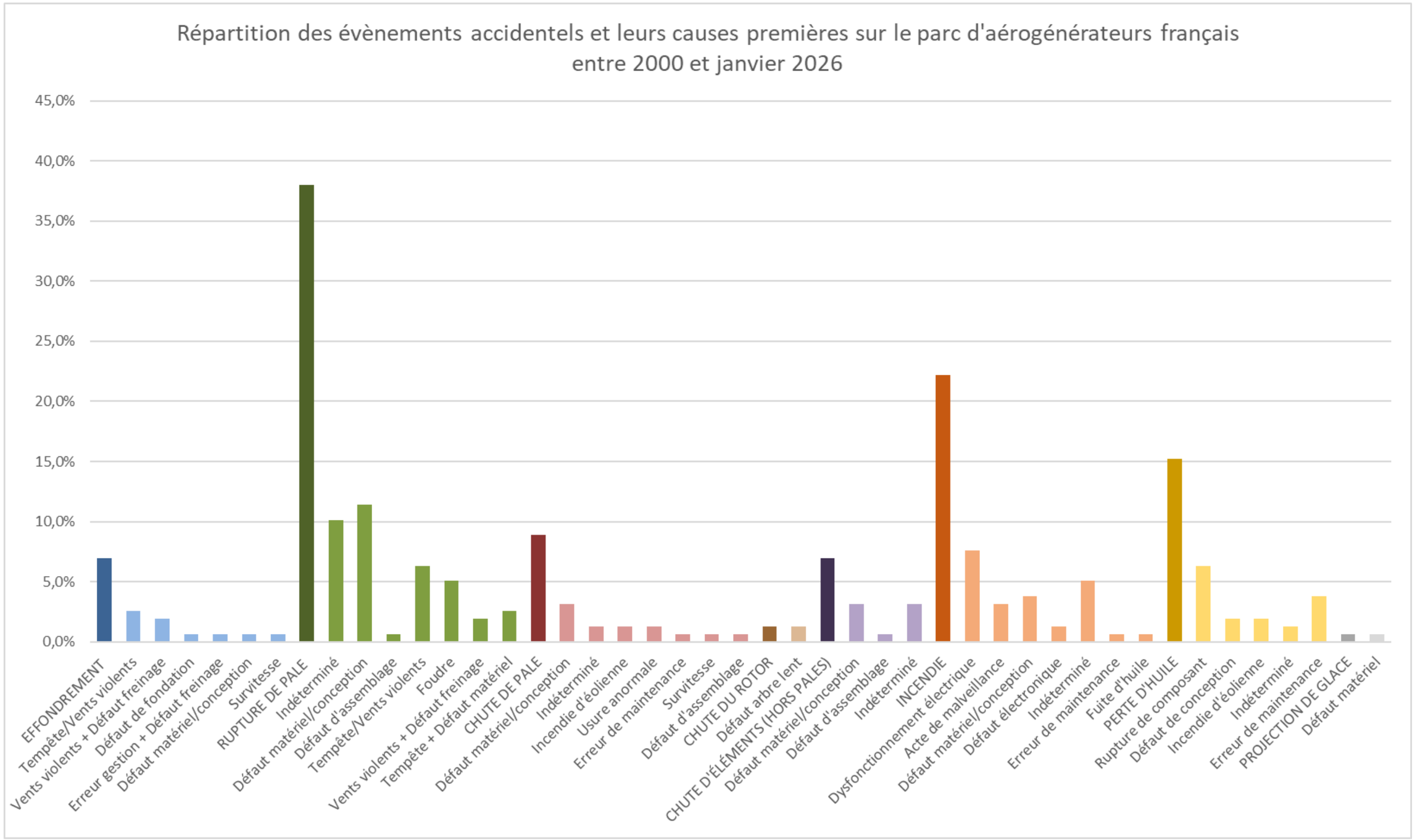


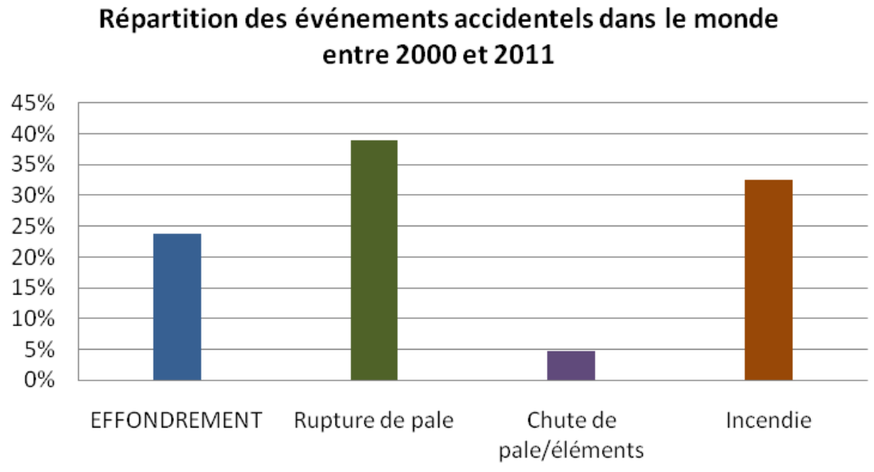
Figure 1 : Histogramme de l'accidentologie française entre 2000 et début 2026

5.1.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des accidents et incidents à l'international a également été réalisé. Il reprend le contenu du guide technique pour la réalisation des études de dangers de parcs éoliens et couvre donc les **évènements survenus entre 2000 et 2011**. Une actualisation de cet inventaire, intégrant les accidents et incidents recensés depuis 2011, s'avère particulièrement complexe tant les bases de données disponibles à l'échelle internationale sont nombreuses et hétérogènes dans leur accessibilité et leur contenu. Ainsi, il y aurait une trop grande incertitude quant à la représentativité de ces données vis-à-vis de l'accidentologie mondiale de ces dernières années.

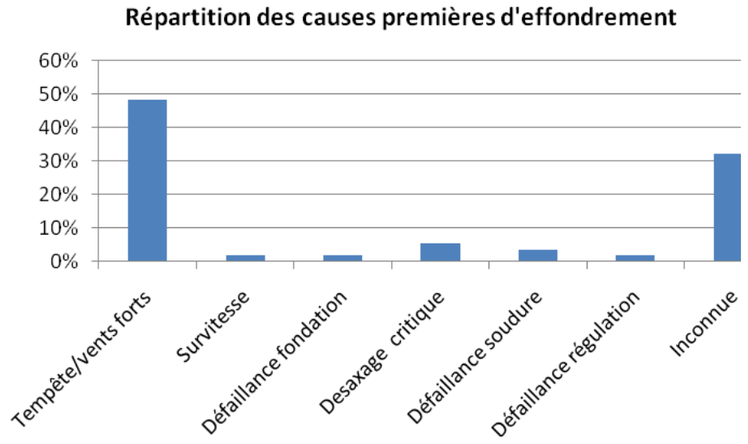
La synthèse présentée provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans cet inventaire, le groupe de travail en charge de l'élaboration du guide technique précité n'a retenu que 236 évènements, considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernent plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

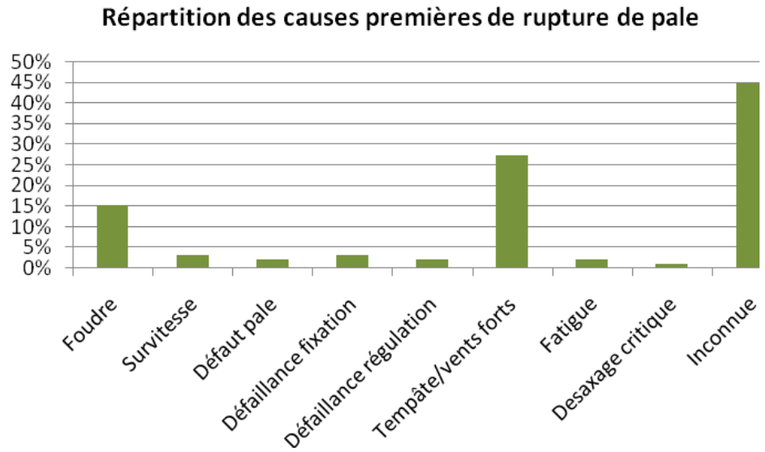


Les types d'accidents recensés entre 2000 et 2011 sont, par ordre d'importance : la rupture de pale, l'incendie, l'effondrement de machine et la chute de pale ou d'éléments. À l'exception des phénomènes de perte d'huile et de projection de glace, non comptabilisés dans les statistiques mondiales, cela correspond aux principaux types d'évènements rencontrés sur les installations françaises entre 2000 et début 2026 : près de 83 % des accidents identifiés en France.

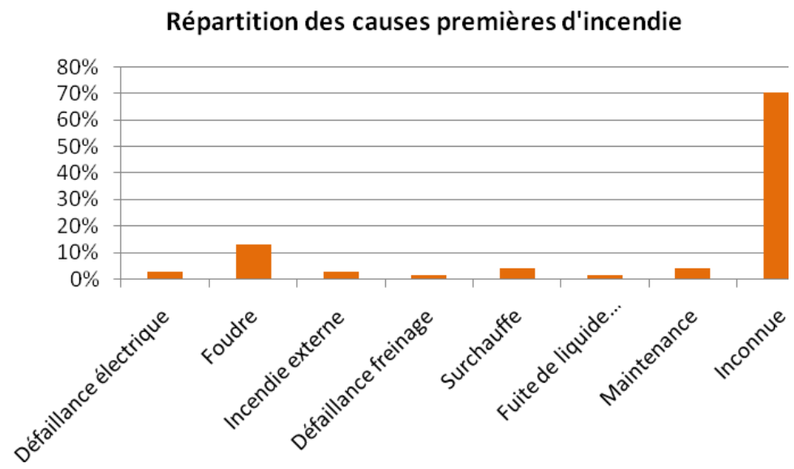
Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour les trois principaux événements accidentels recensés à l'international (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).



Les effondrements de machines sont principalement causés par les tempêtes et vents forts. Une part non négligeable d'évènements dont la cause demeure inconnue est également à noter.



Près de 45 % des cas de ruptures de pales relevés ne sont pas expliqués. Les tempêtes et vents forts ainsi que la foudre représentent les causes connues les plus importantes.



70 % des incendies recensés n'ont pas de cause identifiée. Pour le reste, la foudre constitue l'origine la plus courante. Cela s'explique par l'ancienneté des installations, qui ne disposent pas nécessairement des équipements parafoudre adéquats.

> ***Bien qu'ancien, ce retour d'expérience international montre que les principales typologies d'accidents recensées sont la rupture de pale et l'incendie, ce qui correspond au constat effectué à l'échelle de la France.***
>
> ***Les causes des accidents sont dans la majorité des cas indéterminées. Lorsqu'elles sont connues, elles sont le plus souvent associées aux tempêtes et vents forts. La foudre joue également un rôle notable sur ces installations anciennes, construites avant 2011.***

5.2 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

5.2.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

À partir du recensement des phénomènes accidentels survenus en France depuis 2000 à nos jours (cf. chapitre 5.1.1 et tableau en annexe), il est possible d'étudier leur dynamique d'évolution en comparaison du développement des installations éoliennes dans le pays.

Le seul indicateur officiel témoignant du développement des parcs éoliens en France est la puissance annuelle raccordée au réseau, donnée fournie par la plateforme gouvernementale du Service des Données et Études Statistiques (SDES).

La figure suivante montre l'évolution du nombre d'accidents au regard de la puissance éolienne installée. Il apparaît clairement que **celui-ci n'augmente pas proportionnellement à la puissance éolienne et qu'il semble même amorcer une décroissance ces dernières années**.

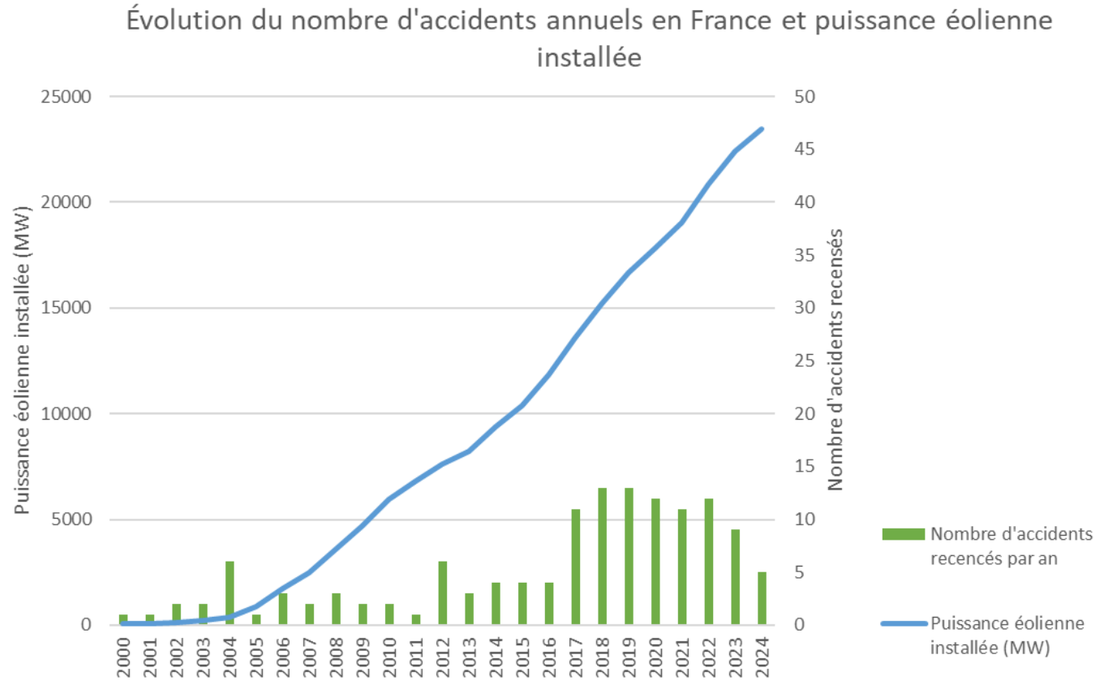
Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est fortement développée en France, passant de 873 MW à 23 458 MW au 31 décembre 2024. Cette évolution s'est faite suivant un rythme continu et montre une progression importante (multiplication par 27).

Sur cette même période, l'évolution du nombre d'accidents peut se découper en trois périodes :

- deux phases successives de relative stabilité :
  - la période 2005-2016, au cours de laquelle le nombre d'accidents annuels varie entre 1 et 6, soit une moyenne de 3 accidents par an ;
  - la période 2017-2022, durant laquelle on recense 11 à 13 accidents par an, soit une moyenne de 12 accidents ;
- une phase de décroissance apparente : le nombre d'accidents recensés en 2023 et 2024 est respectivement de 9 et 8. Il sera intéressant de vérifier si cette tendance se confirme au cours des prochaines années.

Ainsi, et malgré une augmentation entre les périodes 2005-2016 et 2017-2022 (facteur 4), la dynamique d'évolution du nombre d'accidents annuels s'est avérée être nettement moins marquée et linéaire que celle de la puissance éolienne installée. Elle tend par ailleurs à s'infléchir selon les statistiques des deux dernières années étudiées.

Cette évolution s'explique principalement par un parc éolien français composé de technologies de plus en plus récentes et fiables, ainsi que par des dispositifs de sécurité toujours plus performants et des protocoles de surveillance et de maintenance améliorés en permanence.



5.2.2 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 :

- ruptures de pales ;
- incendies ;
- chutes de pales (incluant la chute de rotor) et d'éléments de l'éolienne ;
- effondrements d'aérogénérateurs ;
- pertes d'huile ;
- projection de glace.

5.3 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. Ils comportent en effet différents biais, notamment :

- la **non-exhaustivité des événements** : le recensement effectué, s'appuyant sur des sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique, en particulier à l'échelle internationale (la plateforme ARIA constitue une base robuste pour la France). 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 éoliennes observées n'ont pas été construites 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 ; ceci, en particulier pour les évènements les plus anciens et ceux relatifs au retour d'expérience international.

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

ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

6

L'objectif de cette partie est de guider le lecteur dans la réalisation de sa propre analyse de risque. Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). Le guide technique de l'étude des dangers propose l'utilisation de la méthode APR qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

6.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques 55
6.2 Recensement des évènements initiateurs exclus de l'analyse des risques 55
6.3 Recensement des agressions externes potentielles 55
6.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines 55
6.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels 56
6.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques 56
6.5 Effets dominos 59
6.6 Mise en place des mesures de sécurité 59
6.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 63

APR

6.1 OBJECTIF 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**.

6.2 RECENSEMENT DES ÉVÈNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Plusieurs événements initiateurs peuvent être exclus de l'analyse préliminaire des risques, soit parce que ces exclusions sont prévues dans la circulaire du 10 mai 2010 relative à la méthodologie applicable aux études de dangers, soit parce que les conséquences de l'événement seront largement supérieures aux conséquences de l'accident qu'il entraînerait sur l'éolienne.

Conformément à la circulaire précitée, **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 analysées dans l'état initial** (cf. chapitre 2) 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 suraccident 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.

6.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes. Par exemple, des vents exceptionnellement violents peuvent causer la rupture d'une pale avec comme conséquence la chute et/ou la projection d'éléments.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

6.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Les agresseurs potentiels liés aux activités humaines ont été identifiés aux chapitres 2.2 et 2.4 du présent rapport, dans un rayon de 500 m autour des éoliennes. Le tableau suivant permet de déterminer si ces agresseurs constituent un danger effectif pour les éoliennes compte tenu de leur éloignement.

De manière générale, un rayon de 200 m autour du mât est considéré comme la distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel. Cet éloignement est étendu à 2 km pour les aérodromes (zone de proximité des aéroports ou aérodromes) et à 500 m pour les aérogénérateurs d'autres installations (distance maximale retenue pour la projection d'éléments).

Tableau 10 : Agresseurs externes liés aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel	Périmètre de danger	Distance de la plus proche éolienne (mât)
Voies de circulation	Transport terrestre	Sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules et collision avec un mât d'éolienne	Énergie cinétique des véhicules et flux thermique (feu)	200 m	210 m (D 114)
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef et collision avec une éolienne	Énergie cinétique de l'aéronef et flux thermique (feu)	2000 m	23,6 km
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble et contact avec une éolienne	Arc électrique, surtension	200 m	Aucune ligne THT à moins de 200 m
Autres aérogénérateurs (hors installation)	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucune éolienne dans un rayon de 500 m

> ***Les agresseurs potentiels externes liés aux activités humaines s'inscrivent tous au-delà des distances de dangers définies. Aucun risque effectif n'est donc attendu.***

Nota : comme il a été précisé précédemment, **les agressions externes liées à la perte de confinement d'une canalisation de transport de matière dangereuse ou à une explosion ou à l'incendie générés par un accident sur une activité voisine ne sont pas considérées**, dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sur les éoliennes sont largement inférieurs aux dommages causés par l'évènement d'origine.

6.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Les agressions potentielles liées aux phénomènes naturels ont été identifiées au chapitre 2.3 du présent rapport. Le tableau suivant en présente la synthèse.

Tableau 11 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Phénomène / Agression	Intensité et commentaires
Gel	Le secteur est concerné par des périodes de gel (moyenne de 68,3 jours/an avec températures minimales négatives et record de froid de -15,7 °C). Ce phénomène constitue donc un agresseur potentiel.
Précipitations	Les pluies, présentes sur le site (moyenne de 938,1 mm par an) ainsi que la grêle, également présente, sont retenues comme agresseurs potentiels.
Brouillard	Le site est susceptible d'être concerné par des épisodes de brouillard. Ce phénomène peut alors causer des accidents du fait de manque de visibilité (collision de véhicules ou d'aéronefs). Néanmoins, compte tenu de l'éloignement des routes (> 200 m) et des aérodromes (> 2000 m), ce danger est écarté.
Vents violents	La présence de vents violents sur le site (rafales maximales supérieures à 100 km/h mesurées au moins 0,8 jour par an à hauteur d'Homme) confirme leur statut d'agresseur potentiel.
Mouvements de terrains	Compte tenu de la possible présence de cavités souterraines non identifiées sous le site (risque d'affaissement/effondrement), les mouvements de terrains sont considérés comme agresseurs potentiels à titre conservatoire.
Retrait-gonflement des sols argileux	Au regard des données disponibles, l'éolienne E1 est susceptible de concerner une zone d'exposition moyenne au retrait-gonflement des sols argileux. Ce phénomène est donc considéré comme un agresseur potentiel. Les autres aérogénérateurs ne sont pas exposés.
Foudre	La foudre peut frapper en tout point du territoire national, y compris les éoliennes à l'étude. Pour autant, les aérogénérateurs retenus respecteront la norme IEC 61 400-24, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Ce phénomène est donc écarté des agresseurs potentiels.
Tempêtes	Le risque de tempête ne peut être écarté sur le site. Ce phénomène est donc retenu comme agresseur potentiel pour les éoliennes du projet.

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, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après.

En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct 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, comme la possible fragilisation progressive de la pale, sont prises en compte dans les scénarios de rupture de pale.

> ***Le gel, les précipitations (pluie et grêle), les vents violents, les affaissements/effondrements de sols (risque potentiel), le retrait-gonflement des sols argileux (risque potentiel pour E1) et les tempêtes constituent des agresseurs externes liés aux phénomènes naturels.***

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

6.4 SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Après avoir recensé dans un premier temps les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir chapitre 4), l'analyse préliminaire des risques (APR) doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau suivant présente une analyse générique des risques. Il est construit de la manière suivante :

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

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

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

Les différents scénarios listés dans ce tableau sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail ayant réalisé le guide technique des études de dangers : « 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. Des précisions sur ces différents scénarios sont disponibles en annexe 3 du présent rapport.

Tableau 12 : Analyse générique des risques

	N°	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomènes dangereux pour les personnes	Zone d'effet
Glace	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
Incendies	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	Foudre	Surtension	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les effets de la foudre (N°6)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
	I06	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 SF_6) Propagation de l'incendie	2
	I07	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF_6) Propagation de l'incendie	2
	I08	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuite d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie du transformateur Propagation de l'incendie	2
Fuites	F01	Fuite du système de lubrification / Fuite du convertisseur / Fuite du 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 de l'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 de l'environnement	1
Chute d' éléments	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

	N°	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomènes dangereux pour les personnes	Zone d'effet
Projection	P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la survitesse (N°4)	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°12)	Impact sur cible	2
	P03	Serrage inapproprié / Erreur de 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
Effondrement	E01	Effets dominos des 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 de mât	2
	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 de mât	2
	E05	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 de mât	2
	E07	Effondrement d'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 de mât	2
	E08	Vents fort	Défaillance de la 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°11)	Projection/chute de fragments et chute de mât	2
	E09	Fatigue	Défaillance du mât	Effondrement de l'éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	Projection/chute de fragments et chute de mât	2
	E010	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 de mât	2

Nota : Les fonctions de sécurité citées dans ce tableau sont détaillées au chapitre 6.6.

> ***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 du projet à l'étude.***

6.5 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 les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques présenté en pages précédentes.

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

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, le guide technique propose de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

> ***Dans le cadre du présent projet, aucune ICPE n'est identifiée dans un rayon de 100 m autour des aérogénérateurs. L'analyse des effets dominos n'est donc pas nécessaire.***

6.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à **identifier les systèmes de sécurité installés sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux** listés dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques (cf. pages précédentes) et de leurs conséquences.

Ces systèmes visent à répondre à une « fonction de sécurité » : prévenir la survitesse, prévenir les effets de la foudre, etc. Ils sont détaillés dans les tableaux suivants (un tableau par fonction de sécurité). Les paramètres abordés sont :

- la **fonction de sécurité** : cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité mises en place. Il s'agira principalement « d'empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter ». La fonction de sécurité 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 ;
- le **numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple ;
- les **mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence ;
- la **description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires pour assurer une meilleure compréhension de son fonctionnement ;
- l'**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 des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance 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 ?
- le **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 éolienne, 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, l'arrêté du 26 août 2011 modifié impose les temps de réponse suivants, en cas de détection d'un fonctionnement anormal :
  - une mesure de maîtrise des risques doit permettre de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence des éoliennes dans un délai maximal de 60 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ;
  - une seconde mesure maîtrise des risques doit permettre de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ;
- l'**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 assigné.
- le **test** (fréquence) : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Un test d'état fonctionnel des équipements de mises à l'arrêt sera également obligatoire tout au long de l'exploitation, suivant une périodicité ne pouvant excéder 1an. 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.
- la **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, l'arrêté du 26 août 2011 modifié demande qu'à minima un contrôle tous les ans soit réalisé sur :
  - la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse ;
  - le bon fonctionnement de l'ensemble des systèmes instrumentés de sécurité, détecteurs et systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse.

Nota 1 : certains des critères précités peuvent s'avérer non pertinents en fonction des mesures traitées. Le cas échéant, l'acronyme « NA » (Non Applicable) sera indiqué.

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

Fonction de sécurité n°1 : PRÉVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'ÉOLIENNE LORS DE LA FORMATION DE GLACE	
Mesure(s) de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage suivant la mise à l'arrêt.
Description	Système de détection ou de déduction redondant du givre permettant, en cas de mise en évidence de la formation de glace sur le rotor, 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 (éoliennes implantées sur un secteur fréquenté et soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.
Temps de réponse	Inférieur à 60 minutes, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.
Efficacité	100 %
Test(s)	Tests menés par le concepteur de l'éolienne au moment de la construction de l'éolienne.
Maintenance	Les systèmes instrumentés de sécurité, les détecteurs et les systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation font l'objet d'un contrôle annuel afin de s'assurer de leur bon fonctionnement (article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). Par ailleurs, les équipements de mise à l'arrêt d'urgence sont testés suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an (article 17). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.

Fonction de sécurité n°2 : PRÉVENIR L'ATTEINTE DES PERSONNES PAR LA CHUTE DE GLACE	
Mesure(s) de sécurité	Panneautage sur le chemin d'accès des machines. Éloignement des zones habitées (retrait minimal règlementaire de 500 m).
Description	Mise en place de panneaux informant du risque de chute de glace depuis le rotor et la nacelle des machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié).
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	NA.
Efficacité	100 %. Il est estimé que compte tenu de l'implantation des panneaux et de leur entretien (lisibilité permanente), l'information des promeneurs sera systématique.
Test(s)	NA.
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation adjacente afin que le panneau reste visible.

Fonction de sécurité n°3 : PRÉVENIR L'ÉCHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIÈCES MÉCANIQUES	
Mesure(s) de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes associées. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement. Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice.

Fonction de sécurité n°3 : PRÉVENIR L'ÉCHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIÈCES MÉCANIQUES	
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 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 %
Test(s)	NA
Maintenance	Contrôle automatique permanent grâce à des redondances pour les capteurs de température des principaux composants. 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).

Fonction de sécurité n°4 : PRÉVENIR LA SURVITESSE	
Mesure(s) de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et d'un frein mécanique auxiliaire (frein à disque à commande hydraulique présent sur l'arbre de transmission).
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	Temps de détection inférieur à 60 secondes. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.
Efficacité	100 %
Test(s)	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.
Maintenance	Les systèmes instrumentés de sécurité, les détecteurs et les systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation font l'objet d'un contrôle annuel afin de s'assurer de leur bon fonctionnement (article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). Par ailleurs, les équipements de mise à l'arrêt d'urgence sont testés suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an (article 17), notamment contrôle de l'usure du frein et de la pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.

Fonction de sécurité n°5 : PRÉVENIR LES COURTS-CIRCUITS	
Mesure(s) de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.
Description	Les organes et armoires électriques des éoliennes et des postes de livraison sont équipés de dispositifs 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 de 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 %
Test(s)	Les installations électriques sont contrôlées par une personne compétente avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs et des équipements connexes (article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié).
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 entretenues, maintenues en bon état et elles sont contrôlées avant la mise en service du parc (article 10) et à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification (article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié).

Fonction de sécurité n°6 : PRÉVENIR LES EFFETS DE LA FOUDRE	
Mesure(s) de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.
Description	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales conformément à la norme IEC 61400-24. Les pales du rotor sont équipées de plusieurs récepteurs de foudre, acheminant le courant de foudre *via* des câbles en cuivre jusqu'au roulement des pales du rotor, vers le moyeu, puis dans l'arbre lent avant d'être évacué dans le châssis de la nacelle, elle-même mise à la terre *via* le mat et la fondation. Les systèmes électriques internes sont également protégés de la foudre et des surtensions induites, dans le respect de la norme IEC 623025.
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif.
Efficacité	100 %
Test(s)	Mesure de terre et rapport d'un organisme compétent avant la mise en service industrielle (article 9).
Maintenance	Des contrôles périodiques sont effectués pour vérifier la pérennité de la mise à la terre, selon les périodicités suivantes : une fois par an pour le contrôle visuel et une fois tous les deux ans pour le contrôle avec mesure de la continuité électrique (article 9 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). Selon une périodicité qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, conformément à l'article 18 de l'arrêté précité.

Fonction de sécurité n°7 : PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	
Mesure(s) de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. Intervention des services de secours et voie d'accès carrossable sur site disponible en permanence.

Fonction de sécurité n°7 : PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE	
Description	Détecteurs de fumée qui, lors de leur déclenchement, conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.
Efficacité	100 %
Test(s)	Vérification de la plausibilité des mesures de température.
Maintenance	Les systèmes instrumentés de sécurité, les détecteurs et les systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation font l'objet d'un contrôle annuel afin de s'assurer de leur bon fonctionnement (article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabriquant du matériel ou un organisme extérieur. L'accès aux services de secours est entretenu tout au long de l'exploitation et les abords de l'installation sont maintenus en bon état de propreté (article 7 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.

Fonction de sécurité n°8 : PRÉVENTION ET RÉTENTION DES FUITES	
Mesure(s) de sécurité	Détecteurs de niveau d'huile. 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. La base de la nacelle est étanche, de manière à contenir les éventuelles fuites en son sein. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée *via* un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des bacs de rétention sont prévus pour recueillir les liquides en cas de fuite. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : ▸ de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; ▸ d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; ▸ de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé *via* les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite.
Efficacité	100 %
Test(s)	Tests avant mise en service des détecteurs et systèmes d'étanchéité.
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an.

Fonction de sécurité n°9 : PRÉVENIR LES DÉFAUTS DE STABILITÉ DE L'ÉOLIENNE ET LES DÉFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	
Mesure(s) de sécurité	Surveillance des vibrations. Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualités.
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « *un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie* » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont 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.
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	15 à 60 s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapte).
Efficacité	100 %
Test(s)	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système.
Maintenance	Un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales (couples de serrage) et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur sont effectués trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans (article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.

Fonction de sécurité n°10 : PRÉVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE	
Mesure(s) de sécurité	Procédures de maintenance.
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel.
Indépendance	Oui.
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Test(s)	Il existe des manuels de maintenance spécifiques à chaque modèle d'éolienne. Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité : électriquement ; aux travaux en hauteur, au port des équipements de protection individuelle (EPI), à l'évacuation et au sauvetage, sauveteur secouriste du travail. Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant les réglementations en vigueur. Mise en place d'audits afin de s'assurer des bonnes pratiques ou des inspections pendant les interventions.
Maintenance	Les opérations de maintenance font l'objet d'un rapport permettant la réalisation d'un suivi.

Fonction de sécurité n°11 : PRÉVENIR LES RISQUES DE DÉGRADATION DE L'ÉOLIENNE EN CAS DE VENT FORT	
Mesure(s) 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	< 60 secondes.
Efficacité	100 %
Test(s)	Test de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système d'orientation des pales (permettant le freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.
Maintenance	Les systèmes instrumentés de sécurité, les détecteurs et les systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation font l'objet d'un contrôle annuel afin de s'assurer de leur bon fonctionnement (article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié). Par ailleurs, les équipements de mise à l'arrêt en cas de survitesse (système d'orientation des pales et frein mécanique) sont testés suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an (article 17). Maintenance préventive annuelle du système pitch, vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive annuelle du frein mécanique : inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.

Fonction de sécurité n°12 : PRÉVENIR LA DÉGRADATION DE L'ÉTAT DES ÉQUIPEMENTS	
Mesure(s) de sécurité	Inspection régulière des équipements et suivi des données mesurées par les capteurs et sondes présents 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 suivant un protocole établi. 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	Quelques secondes.
Efficacité	100 %
Test(s)	Tests avant mise en service des capteurs.
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements.

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise des tests pour vérifier 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.

6.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

À l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques. **Ne sont retenus que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine**.

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

- des incendies d'éoliennes ;
- des incendies de postes de livraison ;
- de l'infiltration d'huile dans le sol.

Scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur de ces équipements, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât, les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 scénarios de projections et les chutes d'éléments**.
Incendie du poste de livraison	En cas d'incendie d'un poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur de ce bâtiment seront mineurs ou inexistants du fait notamment de sa structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (arrêté du 26 août 2011 modifié) et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées restent mineurs. Par ailleurs, les éoliennes du projet sont implantées en dehors de tout périmètre de protection de captage destiné à l'alimentation en eau potable. Le risque d'une pollution d'eaux captées pour la consommation humaine est donc écarté.

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

- *projection de tout ou 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'accidents. En estimant la probabilité, la gravité, la cinétique et l'intensité de ces événements, il est possible de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

7

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

7.1 Critères de détermination 67
7.1.1 Cinétique 67
7.1.2 Intensité 67
7.1.3 Gravité 67
7.1.4 Probabilité 68
7.1.5 Acceptabilité du risque 68
7.2 Paramètres de calculs 69
7.2.1 Degré d'exposition (intensité) 69
7.2.2 Nombre de personnes permanentes exposées (gravité) 69
7.3 Évaluation de l'acceptabilité des risques 69
7.3.1 Scénario d'effondrement de l'éolienne 69
7.3.2 Scénario de chute de glace 71
7.3.3 Scénario de chute d'éléments de l'éolienne 72
7.3.4 Scénario de projection de tout ou parties de pale 73
7.3.5 Scénario de projection de glace 74
7.4 Synthèse de l'étude détaillée des risques 76
7.4.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés 76
7.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques 76
7.4.3 Cartographie des risques 76



7.1 CRITÈRES DE DÉTERMINATION

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[6].

Néanmoins, cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, les effets de rayonnement thermique et les effets toxiques, qui ne concernent pas les parcs éoliens. Ce texte 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 donc proposé de recourir à la méthode *ad hoc* préconisée par le guide technique "Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens" (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.

7.1.1 Cinétique

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

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

> ***Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé que tous les accidents considérés (projection de tout ou partie de pale, effondrement de l'éolienne, chute d'éléments de l'éolienne, chute et projection de glace) ont une cinétique rapide. Ce paramètre ne sera donc pas détaillé à nouveau dans chacun des phénomènes redoutés étudiés par la suite.***

7.1.2 Intensité

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

On constate que les scénarios retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace, nacelle 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 étudiés (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), trois valeurs de référence ont été retenues :

- **plus de 5% d'exposition : seuil d'exposition très forte ;**
- **1% d'exposition : seuil d'exposition forte ;**
- **moins d'1 % d'exposition : exposition modérée.**

Le degré d'exposition est défini comme le rapport entre la surface maximale d'un élément chutant ou projeté (= zone d'impact "Zi") et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection (= zone d'effet "Ze").

Selon les scénarios considérés, la zone d'impact correspondra donc à la surface d'une éolienne entière (effondrement), du plus gros élément qui compose le rotor, à savoir une pale (chute et projection d'éléments) ou d'un morceau de glace (chute et projection de glace). La zone d'effet correspondra pour sa part à un disque dont le centre est le mât de l'éolienne. La formule de calcul de la surface d'un disque est π x rayon du disque (r) au carré.

Tableau 13 : Critères d'intensité retenus pour l'étude détaillée des risques

Degré d'exposition = Zi/Ze	
Résultat (en %)	***Niveau d'intensité correspondant***
X > 5 %	Exposition très forte
1 % ≤ X ≤ 5 %	Exposition forte
X < 1 %	Exposition modérée

7.1.3 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 14 : Détermination du niveau de gravité d'un accident en fonction du degré d'exposition de la zone d'effet et du nombre de personnes permanentes relevé

Intensité / Gravité	Zone d'effet soumise à une exposition très forte	Zone d'effet soumise à une exposition forte	Zone d'effet soumise à une exposition modérée
Désastreux	Nombre de personnes exposées > 10	Nombre de personnes exposées > 100	Nombre de personnes exposées > 1 000
Catastrophique	1 < Nombre de personnes exposées ≤ 10	10 < Nombre de personnes exposées ≤ 100	100 < Nombre de personnes exposées ≤ 1 000
Important	Nombre de personnes exposées ≤ 1	1 < Nombre de personnes exposées ≤ 10	10 < Nombre de personnes exposées ≤ 100
Sérieux	Nombre de personnes exposées = 0	Nombre de personnes exposées ≤ 1	1 < Nombre de personnes exposées ≤ 10
Modéré	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Nombre de personnes exposées ≤ 1

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe. Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

[6] 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

7.1.4 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 15 : Classes de probabilités retenues

Niveaux	Échelle qualitative	Échelle quantitative (probabilité annuelle)
A	***Évènement courant*** Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 1x10^{-2}$
B	***Évènement probable*** S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$1x10^{-3} < P \leq 1x10^{-2}$
C	***Évènement improbable*** 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.	$1x10^{-4} < P \leq 1x10^{-3}$
D	***Évènement rare*** S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$1x10^{-5} < P \leq 1x10^{-4}$
E	***Évènement extrêmement rare*** Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$P \leq 1x10^{-5}$

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, la probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est déterminée en fonction :

- de la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des éoliennes ;
- du retour d'expérience français ;
- des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005.

Il convient de noter que **la probabilité qui sera évaluée pour chaque scénario d'accident correspond à la probabilité qu'un événement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet événement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte)**. En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

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

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

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

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

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

Une analyse de la probabilité d'atteinte est présentée en annexe du présent rapport (annexe 4).

7.1.5 Acceptabilité du risque

Une fois la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité du scénario accidentel déterminées, **l'étape finale de l'étude détaillée des risques consiste à déterminer si le risque qu'il représente est acceptable ou non**.

Pour ce faire, le guide d'élaboration des études de dangers des parcs éoliens propose l'utilisation d'une **matrice de criticité** (cf. ci-dessous) adaptée de l'arrêté du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010.

Le caractère « Acceptable » ou « Non acceptable » des risques générés par chaque éolienne, pour chacun des scénarios considérés, est déterminé par le croisement du niveau de gravité et de la classe de probabilité du phénomène accidentel.

Tableau 16 : Matrice de criticité utilisée pour déterminer l'acceptabilité des risques

Niveau de gravité	Classe de probabilité du phénomène accidentel				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					

Légende :

: niveau de risque très faible → **Acceptable**

: niveau de risque faible → **Acceptable**

: niveau de risque important → **Non acceptable**

Ainsi :

- **les scénarios accidentels apparaissant dans des cases vertes ou jaunes (niveau de risque très faible à faible) sont considérés comme acceptables ;**
- **les scénarios accidentels apparaissant dans des cases rouges (niveau de risque important) sont considérés comme non acceptables.**

7.2 PARAMÈTRES DE CALCULS

7.2.1 Degré d'exposition (intensité)

Comme indiqué précédemment (chapitre 7.1.2), le degré d'exposition correspond au rapport entre la zone d'impact (surface maximale de l'élément tombant au sol) et la zone d'effet (surface exposée à la chute) : Zi/Ze (résultat exprimé en %).

Le calcul de ces zones d'impact et d'effet s'appuie, dans la majorité des cas, sur les dimensions de l'éolienne et de certains de ses composants (pour rappel, il s'agit ici d'un gabarit machine, aucun modèle d'aérogénérateur n'ayant été retenu à ce stade pour équiper l'installation). Les paramètres retenus sont :

- la hauteur en bout de pale (H_{BDP}) : 210 m ;
- la hauteur du moyeu (H_{Moy}) : 127,5 m ;
- le diamètre du rotor (D) : 165 m ;
- la longueur de la pale (LP) : 81 m ;
- la largeur maximale de la pale, appelée corde (C) : 4,5 m ;
- la largeur de la base du mât (LB) : 5,8 m.

Les formules de calcul utilisées et les paramètres dimensionnels retenus sont précisés dans les chapitres dédiés aux différents scénarios accidentels étudiés (chapitre 7.3).

7.2.2 Nombre de personnes permanentes exposées (gravité)

La détermination du niveau de gravité d'un scénario accidentel dépend à la fois du degré d'exposition des zones d'effet et de la fréquentation de ces terrains, qui est caractérisée par le nombre de personnes théoriquement présentes en permanence.

Ces valeurs de fréquentation sont précisées au chapitre 2.5. Elles sont rappelées ci-dessous, en fonction des occupations du sol :

Tableau 17 : Nombre de personnes exposées par enjeu identifié

Enjeu (ou "intérêt à protéger")	Classement selon la méthode de comptage	Nombre de personnes permanentes exposées
Parcelles agricoles	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 ha
Parcelles boisées	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 ha
Ancienne décharge communale	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 ha
Voies de circulations non structurantes (trafic < 2 000 véhicules/jour – D 114, D 6 et route locale sud), chemins d'exploitation agricole, sentiers forestiers, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 ha

7.3 ÉVALUATION DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

7.3.1 Scénario d'effondrement de l'éolienne

Zone d'effet (Ze)

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une **surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'aérogénérateur en bout de pale (H_{BDP}), soit 210 m** dans le cas des éoliennes du projet à l'étude.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (cf. chapitre 9.6, références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

Intensité / Degré d'exposition

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface maximale de l'éolienne (surface du mât + surface des trois pales) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien à l'étude. Les paramètres de calcul utilisés pour la détermination de la zone d'impact (Zi) sont : la hauteur du moyeu (H_{Moy}), la largeur de la base du mât (LB), la longueur de la pale (LP) et la largeur maximale de la pale (C). Pour la détermination de la zone d'effet (Ze), c'est la hauteur en bout de pale de l'éolienne (H_{BDP}) qui sera utilisée.

Tableau 18 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène d'effondrement d'éolienne

Effondrement d'éoliennes (rayon de la zone d'effet : hauteur de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact (Zi) $(H_{Moy} \times LB) + 3 \times ((LP \times C) / 2)$	Zone d'effet (Ze) $\pi \times H_{BDP}^2$	Degré d'exposition Zi/Ze	Intensité
1 286, 3 m²	138 544,2 m²	0,93 %	Exposition modérée

La zone d'effet du phénomène d'effondrement d'éolienne est concernée par une exposition modérée. Au-delà de la zone d'effondrement, l'intensité est nulle.

Gravité

Compte tenu du degré d'exposition relevé (intensité modérée) et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. chapitre 7.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement dans sa zone d'effet (rayon de 210 m autour du mât) :

- Nombre de personnes exposées > 1 000 → Désastreux ;
- 100 < Nombre de personnes exposées ≤ 1 000 → Catastrophique ;
- 10 < Nombre de personnes exposées ≤ 100 → Important ;
- 1 < Nombre de personnes exposées ≤ 10 → Sérieux ;
- Nombre de personnes exposées ≤ 1 → Modéré.

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

Tableau 19 : Niveau de gravité du phénomène d'effondrement pour chaque éolienne

Effondrement d'éolienne (rayon de la zone d'effet : hauteur de l'éolienne en bout de pale)			
Éolienne	**Intérêt à protéger**	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Niveau de gravité**
E1	Parcelles agricoles et boisées (13,29 ha)	0,133	**Modéré** (0,19 personne)
	Pistes d'accès et plateforme (0,56 ha)	0,056	
E2	Parcelles agricoles (13,19 ha)	0,132	**Modéré** (0,2 personne)
	Chemins agricoles, pistes d'accès et plateforme (0,67 ha)	0,067	
E3	Parcelles agricoles (13,52 ha)	0,135	**Modéré** (0,17 personne)
	Piste d'accès et plateforme (0,33 ha)	0,033	
E4	Parcelles agricoles (13,31 ha)	0,133	**Modéré** (0,19 personne)
	Chemins agricoles, pistes d'accès et plateforme (0,54 ha)	0,054	
E5	Parcelles agricoles (13,32 ha)	0,133	**Modéré** (0,19 personne)
	Pistes d'accès et plateforme (0,53 ha)	0,053	

Au regard du nombre de personnes exposées, le phénomène d'effondrement d'éolienne est associé à un niveau de gravité modéré pour les cinq aérogénérateurs du parc.

Probabilité

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

Tableau 20 : Probabilité d'effondrement d'une éolienne selon la littérature

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

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

Le retour d'expérience français (période 2000-2024) montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 11 événements pour 109 466 années d'expérience[7], soit une probabilité de $1{,}005 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

La définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C » est la suivante : « *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* ».

Néanmoins, d'après le retour d'expérience français, **aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2011**. Ceci témoigne d'un niveau de fiabilité amélioré depuis cette période (passage des aérogénérateurs sous le régime ICPE). Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de sécurité sont notamment :

- respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 « relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement » : règles de construction, protocoles de maintenance, de suivi et de tests des équipements et des dispositifs de sécurité ;
- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations.

Ainsi, depuis 2011, les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 21 : Évaluation de l'acceptabilité du risque d'effondrement d'éolienne

Effondrement d'éolienne (rayon de la zone d'effet : hauteur de l'éolienne en bout de pale)		
Éolienne	**Niveau de gravité**	**Niveau de risque**
E1	Modéré (0,19 personne)	**Acceptable**
E2	Modéré (0,2 personne)	**Acceptable**
E3	Modéré (0,17 personne)	**Acceptable**
E4	Modéré (0,19 personne)	**Acceptable**
E5	Modéré (0,19 personne)	**Acceptable**

Ainsi, pour le parc éolien de Frôlois, le phénomène d'effondrement d'éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

7.3.2 Scénario de chute de glace

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 variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

Zone d'effet (Ze)

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un **disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne (D/2)**. Pour l'installation à l'étude, **la zone d'effet à donc un rayon de 82,5 mètres**. Cependant, **il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone**.

Intensité / Degré d'exposition

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 suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien à l'étude. La zone d'impact (Zi) est la surface majorante d'un morceau de glace (SG), soit 1 m². La zone d'effet (Ze) est déterminée sur la base d'un disque de 82,5 m de rayon (cf. chapitre précédent).

Tableau 22 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène de chute de glace

Chute de glace (rayon de la zone d'effet : demi-rotor)			
Zone d'impact (Zi)	Zone d'effet (Ze) $\pi \times (D/2)^2$	Degré d'exposition Zi/Ze	Intensité
SG = 1 m²	21 382,5 m²	0,005 %	Exposition modérée

La zone d'effet du phénomène de chute de glace est concernée par une exposition modérée. Au-delà de ce périmètre (zone de survol du rotor), l'intensité est nulle.

Gravité

Compte tenu du degré d'exposition relevé (intensité modérée) et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. chapitre 7.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace dans sa zone d'effet (rayon de 82,5 m autour du mât) :

- Nombre de personnes exposées > 1 000 → Désastreux ;
- 100 < Nombre de personnes exposées ≤ 1 000 → Catastrophique ;
- 10 < Nombre de personnes exposées ≤ 100 → Important ;
- 1 < Nombre de personnes exposées ≤ 10 → Sérieux ;
- Nombre de personnes exposées ≤ 1 → 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 23 : Niveau de gravité du phénomène de chute de glace pour chaque éolienne

Chute de glace (rayon de la zone d'effet : demi-rotor)			
Éolienne	Intérêt à protéger	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Niveau de gravité
E1	Parcelles agricoles (1,88 ha)	0,019	**Modéré** (0,045 personne)
	Plateforme (0,26 ha)	0,026	
E2	Parcelles agricoles (1,84 ha)	0,018	**Modéré** (0,048 personne)
	Piste d'accès et plateforme (0,30 ha)	0,03	
E3	Parcelles agricoles (1,88 ha)	0,019	**Modéré** (0,045 personne)
	Plateforme (0,26 ha)	0,026	
E4	Parcelles agricoles (1,86 ha)	0,019	**Modéré** (0,047 personne)
	Piste d'accès et plateforme (0,28 ha)	0,028	
E5	Parcelles agricoles (1,85 ha)	0,019	**Modéré** (0,048 personne)
	Pistes d'accès et plateforme (0,29 ha)	0,029	

Au regard du nombre de personnes exposées, le phénomène de chute de glace est associé à un niveau de gravité modéré pour les cinq aérogénérateurs du parc.

Probabilité

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

Acceptabilité

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 suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 24 : Évaluation de l'acceptabilité du risque de chute de glace

Chute de glace (rayon de la zone d'effet : demi-rotor)		
Éolienne	Niveau de gravité	Niveau de risque
E1	Modéré (0,045 personne)	**Acceptable**
E2	Modéré (0,048 personne)	**Acceptable**
E3	Modéré (0,045 personne)	**Acceptable**
E4	Modéré (0,047 personne)	**Acceptable**
E5	Modéré (0,048 personne)	**Acceptable**

Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de

la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

> ***Ainsi, pour le parc éolien de Frôlois, le phénomène de chute de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.***

7.3.3 Scénario de chute d'éléments de l'éolienne

Zone d'effet (Ze)

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (D/2 = 82,5 m).

Intensité / Degré d'exposition

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

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments dans le cas du parc éolien à l'étude. La zone d'impact (Zi) est la surface d'une pale (calcul s'appuyant sur la longueur de la pale (LP) et sa largeur maximale (C)). La zone d'effet (Ze) est déterminée sur la base d'un disque de 82,5 m de rayon (cf. chapitre précédent).

Tableau 25 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène de chute d'éléments

Chute d'éléments (rayon de la zone d'effet : demi-rotor)			
Zone d'impact (Zi) *(LP x C)/2*	Zone d'effet (Ze) *π x (D/2)²*	Degré d'exposition *Zi/Ze*	Intensité
182,3 m²	21 382,5 m²	0,85 %	Exposition modérée

La zone d'effet du phénomène de chute d'éléments est concernée par une exposition modérée. Au-delà de ce périmètre (zone de survol du rotor), l'intensité est nulle.

Gravité

Compte tenu du degré d'exposition relevé (intensité modérée) et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. chapitre 7.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments dans sa zone d'effet (rayon de 82,5 m autour du mât) :

- Nombre de personnes exposées > 1 000 → Désastreux ;
- 100 < Nombre de personnes exposées ≤ 1 000 → Catastrophique ;
- 10 < Nombre de personnes exposées ≤ 100 → Important ;
- 1 < Nombre de personnes exposées ≤ 10 → Sérieux ;
- Nombre de personnes exposées ≤ 1 → Modéré.

[8] Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si l'on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on obtiendra au total 12 années d'expérience.

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

Tableau 26 : Niveau de gravité du phénomène de chute d'éléments pour chaque éolienne

Chute d'éléments (rayon de la zone d'effet : demi-rotor)			
Éolienne	Intérêt à protéger	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Niveau de gravité
E1	Parcelles agricoles (1,88 ha)	0,019	Modéré (0,045 personne)
	Plateforme (0,26 ha)	0,026	
E2	Parcelles agricoles (1,84 ha)	0,018	Modéré (0,048 personne)
	Piste d'accès et plateforme (0,30 ha)	0,03	
E3	Parcelles agricoles (1,88 ha)	0,019	Modéré (0,045 personne)
	Plateforme (0,26 ha)	0,026	
E4	Parcelles agricoles (1,86 ha)	0,019	Modéré (0,047 personne)
	Piste d'accès et plateforme (0,28 ha)	0,028	
E5	Parcelles agricoles (1,85 ha)	0,019	Modéré (0,048 personne)
	Pistes d'accès et plateforme (0,29 ha)	0,029	

Au regard du nombre de personnes exposées, le phénomène de chute d'éléments est associé à un niveau de gravité modéré pour les cinq aérogénérateurs du parc.

Probabilité

Peu d'élément 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 (période 2000-2024) montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (73 évènements pour 109 466 années d'expérience[8], soit 6,67 x 10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

Acceptabilité

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 de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 27 : Évaluation de l'acceptabilité du risque de chute d'éléments

Chute d'éléments (rayon de la zone d'effet : demi-rotor)		
Éolienne	**Niveau de gravité**	**Niveau de risque**
E1	Modéré (0,045 personne)	**Acceptable**
E2	Modéré (0,048 personne)	**Acceptable**
E3	Modéré (0,045 personne)	**Acceptable**
E4	Modéré (0,047 personne)	**Acceptable**
E5	Modéré (0,048 personne)	**Acceptable**

Ainsi, pour le parc éolien de Frôlois, le phénomène de chute d'éléments constitue un risque acceptable pour les personnes.

7.3.4 Scénario de projection de tout ou parties de pale

Zone d'effet (Ze)

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe, la distance maximale mentionnée pour une projection de fragment de pale est de 400 mètres par rapport au mât de l'éolienne (donnée issue de la base gouvernementale ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents)). On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

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

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

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

Intensité / Degré d'exposition

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragments 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 (rayon de 500 m).

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection d'élément du rotor dans le cas du parc éolien à l'étude. Les paramètres de calcul utilisés pour la détermination de la zone d'impact (Zi) sont : la longueur de la pale (LP) et sa largeur maximale (C). Pour la détermination de la zone d'effet (Ze), un disque de 500 m de rayon sera considéré.

Tableau 28 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène de projection de pale ou de fragments de pale

Projection de pale ou de fragments de pale (rayon de la zone d'effet : 500 m)			
Zone d'impact (Zi) *(LP x C)/2*	**Zone d'effet (Ze)** *π x 500²*	**Degré d'exposition** *Zi/Ze*	**Intensité**
182,3 m²	785 398,2 m²	0,023 %	Exposition modérée

La zone d'effet du phénomène de projection de pale ou de fragments de pale est concernée par une exposition modérée. Au-delà d'un rayon de 500 m, distance conservatrice au regard du retour d'expérience français, l'intensité est nulle.

Gravité

Compte tenu du degré d'exposition relevé (intensité modérée) et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. chapitre 7.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de pale ou de fragments de pale dans sa zone d'effet (rayon de 500 m autour du mât) :

- Nombre de personnes exposées > 1 000 → Désastreux ;
- 100 < Nombre de personnes exposées ≤ 1 000 → Catastrophique ;
- 10 < Nombre de personnes exposées ≤ 100 → Important ;
- 1 < Nombre de personnes exposées ≤ 10 → Sérieux ;
- Nombre de personnes exposées ≤ 1 → Modéré.

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

Tableau 29 : Niveau de gravité du phénomène de projection de pale ou de fragments de pale pour chaque éolienne

Projection de pale ou de fragments de pale (rayon de la zone d'effet : 500 m)			
Éolienne	**Intérêt à protéger**	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Niveau de gravité**
E1	Parcelles agricoles et boisées (75,59 ha)	0,76	**Sérieux** (1,06 personne)
	D 114, chemins agricoles, pistes d'accès et plateformes (1,76 ha)	0,18	
	Ancienne décharge (1,19 ha)	0,12	
E2	Parcelles agricoles et boisées (76,68 ha)	0,77	**Modéré** (0,96 personne)
	Chemins agricoles, pistes d'accès et plateformes (1,86 ha)	0,19	
E3	Parcelles agricoles (77,66 ha)	0,78	**Modéré** (0,87 personne)
	D 114, chemin agricole, piste d'accès et plateforme (0,88 ha)	0,09	
E4	Parcelles agricoles et boisées (77,15 ha)	0,77	**Modéré** (0,91 personne)
	D 6, route locale, chemins agricoles et forestiers, pistes d'accès et plateforme (1,39 ha)	0,14	
E5	Parcelles agricoles et boisées (77,31 ha)	0,77	**Modéré** (0,89 personne)
	Chemin agricole, pistes d'accès et plateformes (1,23 ha)	0,12	

Au regard du nombre de personnes exposées, le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est associé à un niveau de gravité sérieux pour E1 et modéré pour les quatre autres aérogénérateurs.

Probabilité

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

Tableau 30 : Probabilité de rupture de pale selon la littérature

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

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E » selon l'arrêté du 29 septembre 2005.

Le retour d'expérience français (période 2000-2024) montre une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé 46 événements pour 109 466 années d'expérience[9], soit une probabilité de 4,2 x 10^{-4} par éolienne et par an.

La définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C » est la suivante : « *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* ».

Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de « C », 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 100 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 31 : Évaluation de l'acceptabilité du risque de projection de pale ou de fragments de pale

Projection de pale ou de fragments de pale (rayon de la zone d'effet : 500 m)		
Éolienne	**Niveau de gravité**	**Niveau de risque**
E1	Sérieux (1,06 personne)	**Acceptable**
E2	Modéré (0,96 personne)	**Acceptable**
E3	Modéré (0,87 personne)	**Acceptable**
E4	Modéré (0,91personne)	**Acceptable**
E5	Modéré (0,89 personne)	**Acceptable**

Ainsi, pour le parc éolien de Frôlois, le phénomène de projection de pale ou de fragments de pale constitue un risque acceptable pour les personnes.

[9] Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si l'on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on obtiendra au total 12 années d'expérience.

7.3.5 Scénario de projection de glace

Zone d'effet (Ze)

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

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

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

Cette distance de projection est jugée conservative dans des études postérieures [17]. 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.

Au regard du gabarit des éoliennes envisagées, **la distance d'effet (rayon de projection) est de 438,75 m**.

Intensité / Degré d'exposition

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 (rayon de 438,75 m).

Le tableau suivant permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien à l'étude. La zone d'impact (Zi) est la surface majorante d'un morceau de glace (SG), soit 1 m². La zone d'effet (Ze) est déterminée sur la base des paramètres précités, à savoir le diamètre du rotor (D) et la hauteur de moyeu (H_{Moy}) (cf. chapitre précédent).

Tableau 32 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène de projection de glace

Projection de glace (rayon de la zone d'effet : 438,75 m)			
Zone d'impact (Zi)	**Zone d'effet (Ze)** $\pi \times (1,5 \times (D + H_{Moy}))^2$	**Degré d'exposition** Zi/Ze	**Intensité**
SG = 1 m²	604 761,5 m²	0,0002 %	Exposition modérée

La zone d'effet du phénomène de projection de glace est concernée par une exposition modérée.

Gravité

Compte tenu du degré d'exposition relevé (intensité modérée) et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. chapitre 7.1.3), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace dans sa zone d'effet (rayon de 438,75 m autour du mât) :

- Nombre de personnes exposées > 1 000 → Désastreux ;
- 100 < Nombre de personnes exposées ≤ 1 000 → Catastrophique ;
- 10 < Nombre de personnes exposées ≤ 100 → Important ;
- 1 < Nombre de personnes exposées ≤ 10 → Sérieux ;
- Nombre de personnes exposées ≤ 1 → Modéré.

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 33 : Niveau de gravité du phénomène de projection de glace pour chaque éolienne

Projection de glace (rayon de la zone d'effet : 438,75 m)			
Éolienne	**Intérêt à protéger**	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Niveau de gravité**
E1	Parcelles agricoles et boisées (57,92 ha)	0,58	**Modéré** (0,84 personne)
	D 114, chemins agricoles, pistes d'accès et plateforme (1,37 ha)	0,14	
	Ancienne décharge (1,19 ha)	0,12	
E2	Parcelles agricoles et boisées (59,14 ha)	0,59	**Modéré** (0,72 personne)
	Chemins agricoles, pistes d'accès et plateforme (1,33 ha)	0,13	
E3	Parcelles agricoles (59,71 ha)	0,6	**Modéré** (0,68 personne)
	D 114, chemin agricole, piste d'accès et plateforme (0,76 ha)	0,08	
E4	Parcelles agricoles et boisées (59,29 ha)	0,59	**Modéré** (0,71 personne)
	D 6, route locale, chemins agricoles et forestiers, pistes d'accès et plateforme (1,18 ha)	0,12	
E5	Parcelles agricoles et boisées (59,67 ha)	0,6	**Modéré** (0,68 personne)
	Chemin agricole, pistes d'accès et plateforme (0,8 ha)	0,08	

Au regard du nombre de personnes exposées, le phénomène de projection de glace est associé à un niveau de gravité modéré pour les cinq aérogénérateurs du parc.

Probabilité

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

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 ;
- le recensement d'un seul accident au sein des parcs éoliens français sur la période 2000 – janvier 2025 ;

une probabilité forfaitaire « B – événement probable » est proposée pour cet événement.

Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'installation, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 34 : Évaluation de l'acceptabilité du risque de projection glace

Projection de glace (rayon de la zone d'effet : 438,75 m)		
Éolienne	**Niveau de gravité**	**Niveau de risque**
E1	Modéré (0,84 personne)	**Acceptable**
E2	Modéré (0,72 personne)	**Acceptable**
E3	Modéré (0,68 personne)	**Acceptable**
E4	Modéré (0,71 personne)	**Acceptable**
E5	Modéré (0,68 personne)	**Acceptable**

> ***Ainsi, pour le parc éolien de Frôlois, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.***

7.4 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

7.4.1 Tableau 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 35 : Synthèse des scénarios accidentels étudiés dans l'analyse détaillée des risques

Scénario	Zone d'effet – Disque de rayon égal à …	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement d'éolienne	…la hauteur totale de l'éolienne (210 m)	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute de glace	…un demi-rotor (82,5 m - zone de survol)	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments	…un demi-rotor (82,5 m - zone de survol)	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour toutes les éoliennes
Projection d'éléments du rotor	…500 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour E2, E3, E4, E5 Sérieuse pour E1
Projection de glace	…la formule 1,5 x ($D+H_{Moy}$), soit 438,75 m	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée pour toutes les éoliennes

7.4.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

Pour ce faire, la matrice de criticité présentée au chapitre 7.1.5 est utilisée. Le caractère « Acceptable » ou « Non acceptable » des risques générés est déterminé par le croisement du niveau de gravité et de la classe de probabilité du phénomène accidentel.

Tableau 36 : Matrice de criticité des phénomènes accidentels liés au projet

Niveau de gravité	Classe de probabilité du phénomène accidentel				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux			Projection d'éléments (E1)		
Modéré		Effondrement d'éolienne	Chute d'éléments - Projection d'éléments (E2, E3, E4, E5)	Projection de glace	Chute de glace

Légende :

: niveau de risque très faible → **Acceptable**

: niveau de risque faible → **Acceptable**

: niveau de risque important → **Non acceptable**

Il apparaît, au regard de la matrice de criticité ainsi complétée, que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges (**absence de risques inacceptables**) ;
- certains accidents figurent en cases jaunes (niveau de risque faible) :
  - la projection d'éléments dans la zone d'effet de l'éolienne E1. Cela s'explique par la présence d'un enjeu spécifique au sein de ce périmètre : l'ancienne décharge communale, site abandonnée retenu à titre conservatoire dont la surface de près de 1,2 ha induit une présence humaine théorique accrue par rapport aux zones d'effets des quatre autres aérogénérateurs ;
  - la chute de glace. Cela s'explique par une classe de probabilité maximale (classe A) attribuée à cet évènement par le guide d'élaboration des études de dangers de parcs éoliens. Son niveau de risque est donc majoré par rapport aux autres scénarios accidentels, dont la classe de probabilité est moindre (B, C ou D). Il est d'ailleurs possible de constater que les évènements de classe A ne peuvent être caractérisés par un niveau de risque très faible dans la matrice de criticité (absence de cases vertes).

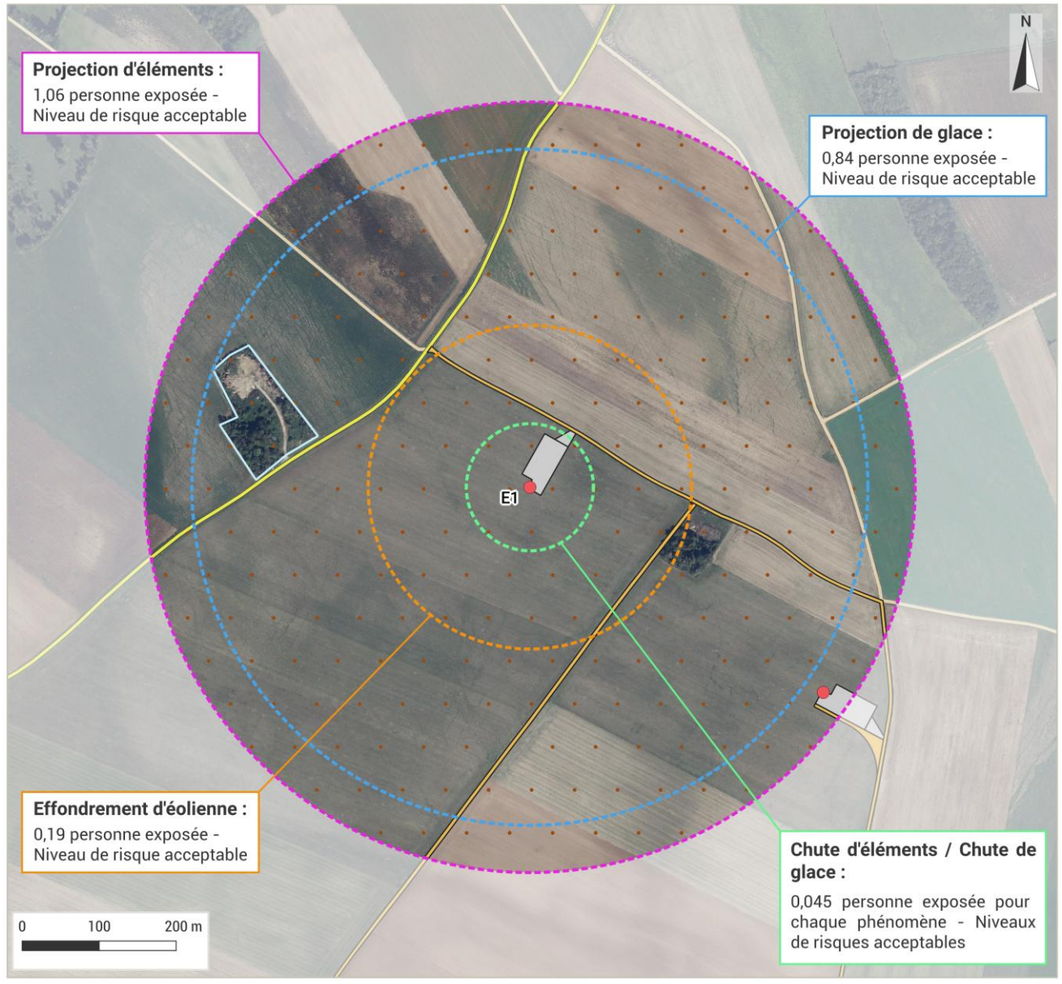
L'analyse détaillée des risques conclut néanmoins à un niveau de risque acceptable pour l'ensemble des scénarios accidentels évalués, ce qui confirme que les mesures de sécurité mises en place sur l'installation sont adaptées.

7.4.3 Cartographie des risques

Est présentée en pages suivantes, pour chaque éolienne, une carte de synthèse faisant apparaître :

- les enjeux étudiés dans l'analyse détaillée des risques ;
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans leurs zones d'effet ;
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.

Synthèse des risques de l'éolienne E1
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- D 114
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Ancienne décharge (site abandonné)
- Parcelles agricoles et boisées

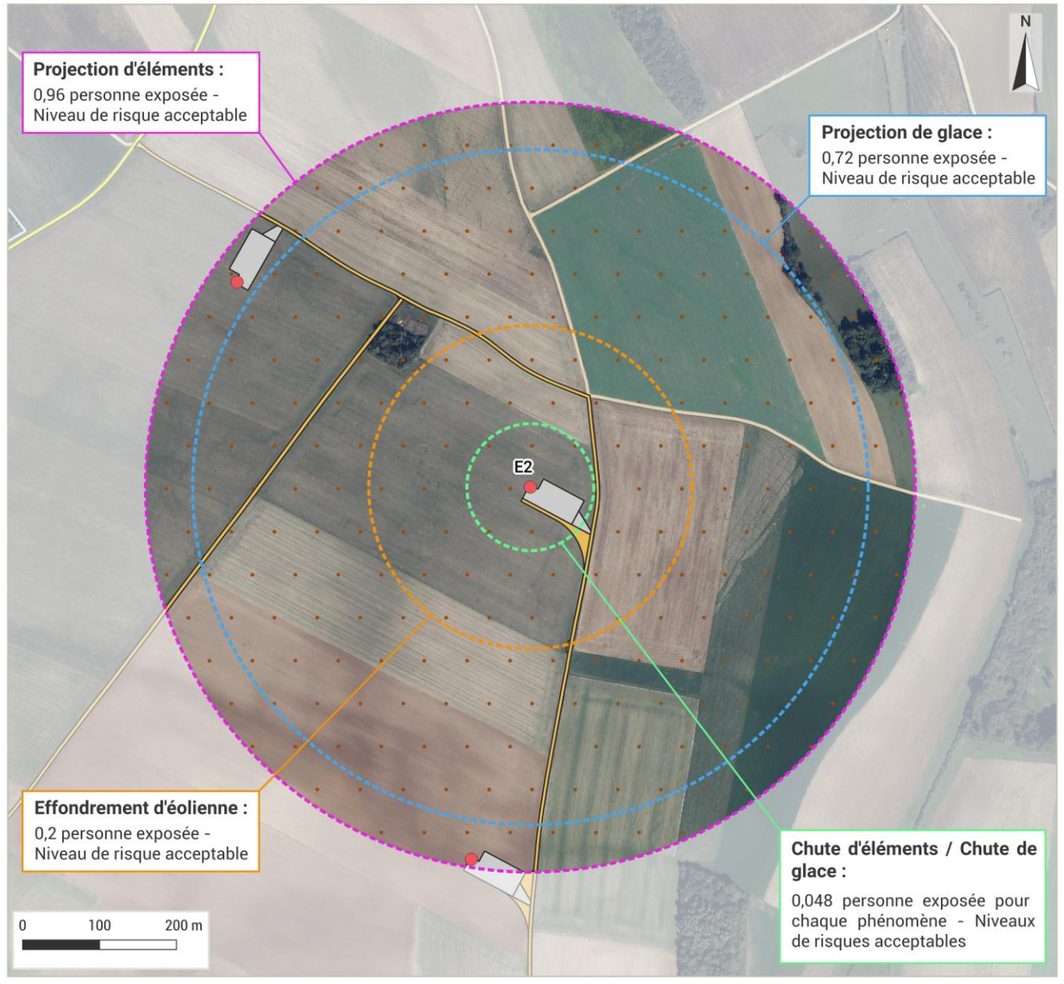
Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : CD 21, IGN, ABO Energy

Carte 15 : Synthèse des risques de l'éolienne E1

Synthèse des risques de l'éolienne E2
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Parcelles agricoles et boisées

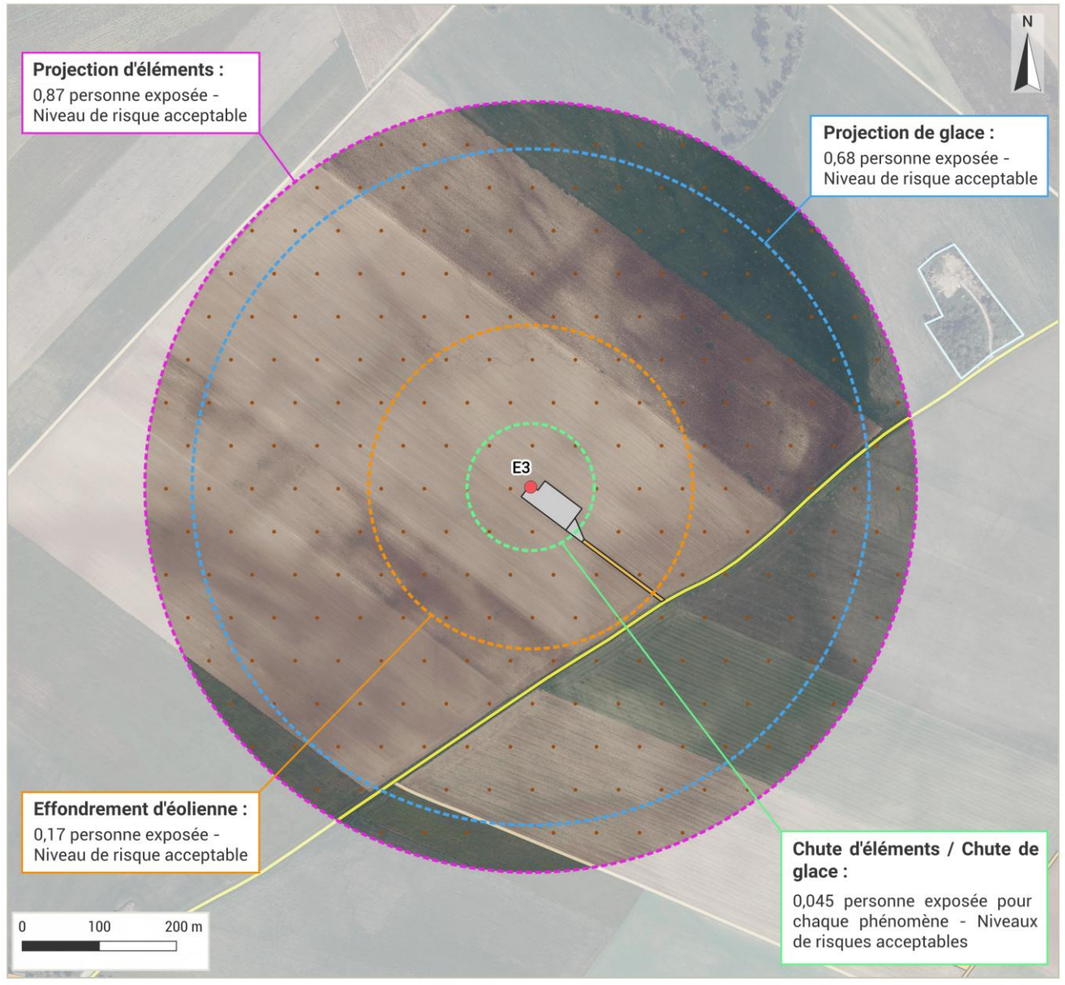
Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 16 : Synthèse des risques de l'éolienne E2

Synthèse des risques de l'éolienne E3
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- D 114
- Parcelles agricoles

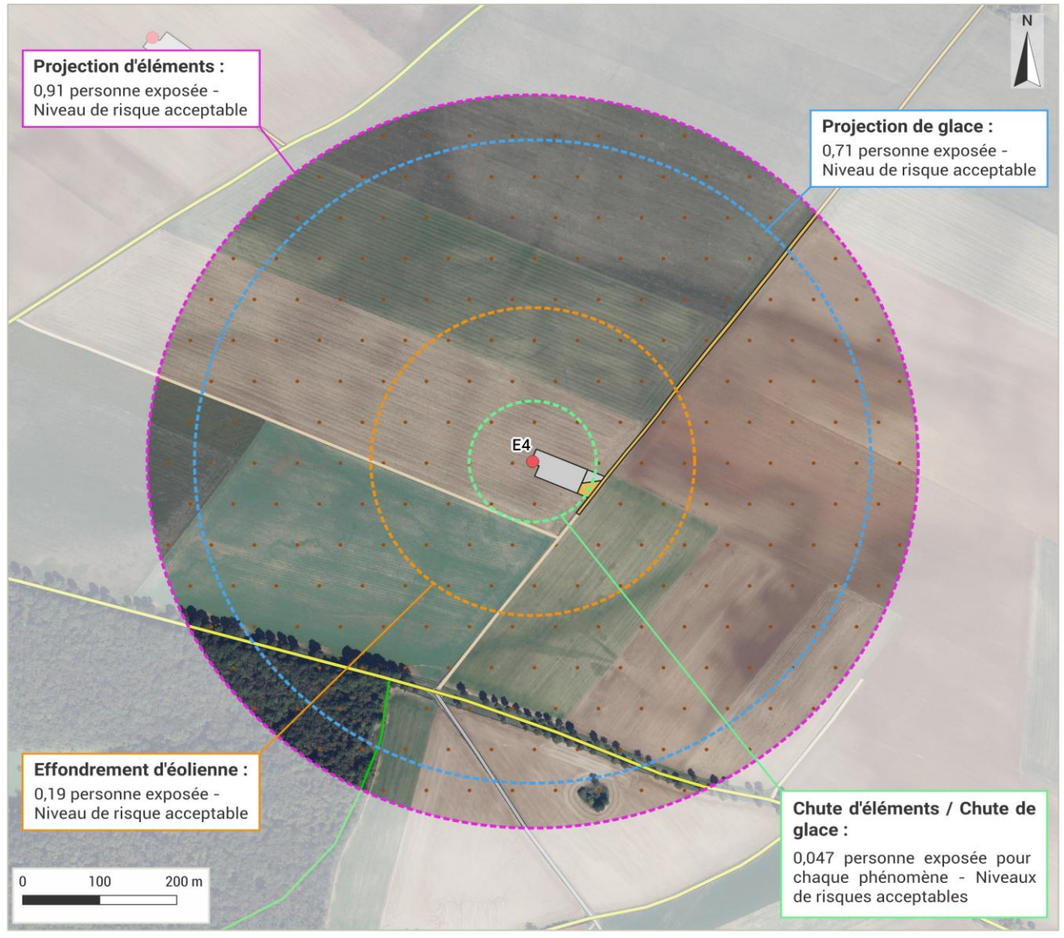
Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 17 : Synthèse des risques de l'éolienne E3

Synthèse des risques de l'éolienne E4
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- D 6
- Route locale
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Sentier forestier
- Parcelles agricoles et boisées

Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

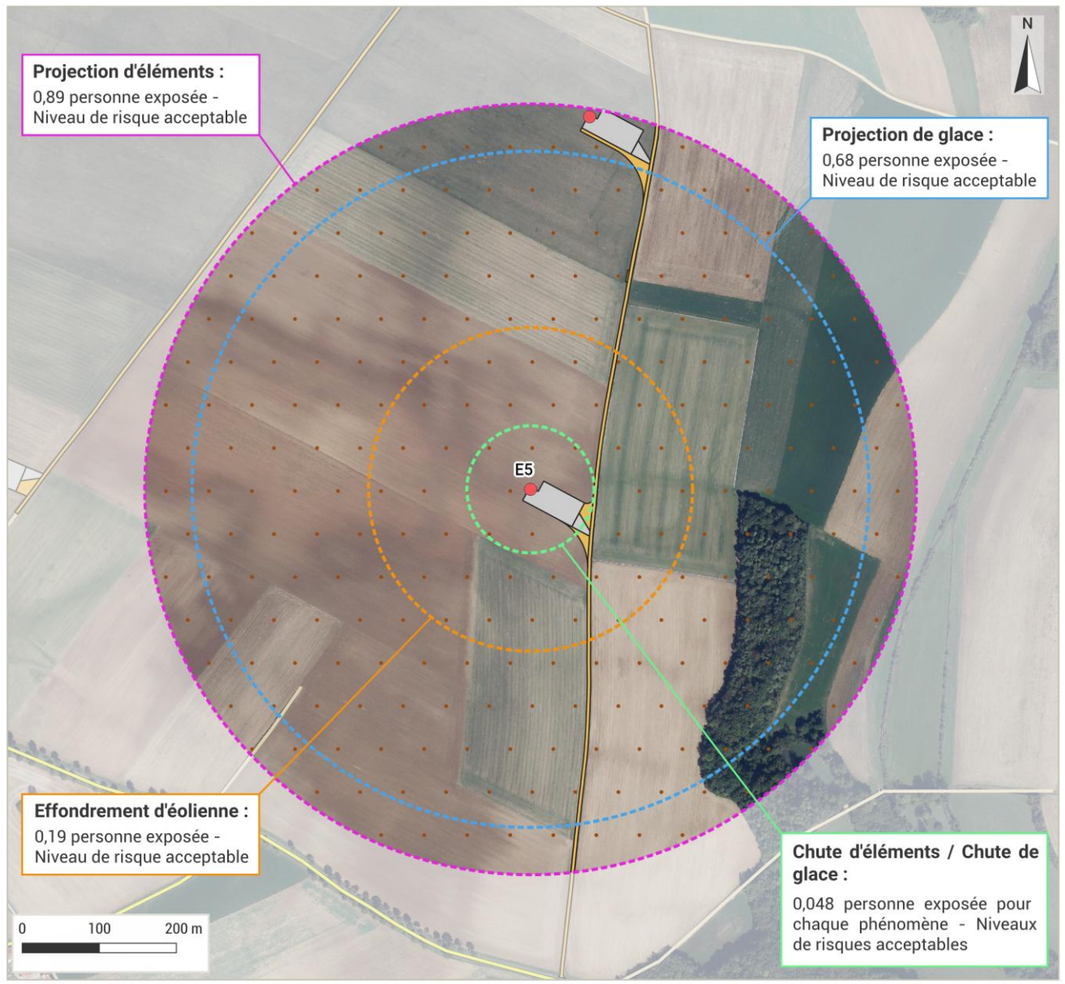
Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 18 : Synthèse des risques de l'éolienne E4

Synthèse des risques de l'éolienne E5

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Parcelles agricoles et boisées

Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 19 : Synthèse des risques de l'éolienne E5

8

CONCLUSION

Les parcs éoliens sont des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) susceptibles de causer des dommages aux personnes en cas de survenue d'un évènement accidentel.

Dans le cas du projet à l'étude, les terrains et installations concernés par un danger (rayon maximal de 500 m autour des aérogénérateurs) sont peu fréquentés : majorité de parcelles agricoles et de boisements non aménagés, chemins agricoles et forestiers, routes non structurantes et ancienne décharge communale abandonnée.

Les personnes présentes sur ces terrains sont néanmoins exposées à un risque. L'étude de dangers a identifié cinq scénarios accidentels pouvant avoir des effets significatifs sur la santé humaine : la projection de pale ou de fragments de pale (distance d'effet de 500 m), la projection de glace (distance d'effet de 438,75 m), l'effondrement d'éolienne (distance d'effet de 210 m), la chute de glace (distance d'effet de 82,5 m), la chute d'éléments de l'éolienne (distance d'effet de 82,5 m).

Le présent rapport s'est attaché à vérifier l'acceptabilité des risques induits par ces cinq phénomènes en s'appuyant sur une matrice de criticité. Au travers du croisement entre le niveau de gravité des évènements considérés et leur probabilité d'occurrence, cette matrice a mis en évidence un risque acceptable pour chacun des scénarios (niveaux de risque très faibles à faibles) :

- *la projection de pale ou de fragments de pale, caractérisée par une classe de probabilité « Improbable » et un niveau de gravité « Sérieux » pour l'éolienne E1 et « Modéré » pour E2, E3, E4 et E5, présente un niveau de risque faible dans la zone d'effet de E1 et très faible dans les zones d'effet des quatre autres aérogénérateurs ;*
- *la projection de glace, caractérisée par une classe de probabilité « Probable » et un niveau de gravité « Modéré », présente un niveau de risque très faible pour l'ensemble des aérogénérateurs ;*
- *l'effondrement d'éolienne, caractérisé par une classe de probabilité « Rare » et un niveau de gravité « Modéré », présente un niveau de risque très faible pour l'ensemble des aérogénérateurs ;*
- *la chute d'éléments, caractérisée par une classe de probabilité « Improbable » et un niveau de gravité « Modéré », présente un niveau de risque très faible pour l'ensemble des aérogénérateurs ;*
- *la chute de glace, caractérisée par une classe de probabilité « Courante » et un niveau de gravité « Modéré », présente un niveau de risque faible pour l'ensemble des aérogénérateurs.*

Ces niveaux de risques réduits sont permis grâce aux mesures de sécurité mises en place sur les éoliennes et aux protocoles imposés par l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Les accidents liés à la formation de glace sont limités par les dispositifs de détection ou de déduction équipant les aérogénérateurs : mise à l'arrêt automatique des turbines lors de conditions météorologiques favorables au givre et/ou en cas de balourd sur le rotor. Par ailleurs, des panneaux avertissant notamment des risques de chute de glace sont implantés sur les chemins menant aux éoliennes. Concernant les évènements liés à la perte d'intégrité des aérogénérateurs (effondrement, chute et projection d'éléments), les mesures sont nombreuses : dispositions constructives (respect des normes IEC 61 400-1, 12 et 23, choix de modèles adaptés aux conditions de vent du site), capteurs de température avec mise à l'arrêt en cas de surchauffe des pièces, capteurs de survitesse et mise à l'arrêt, capteurs de déséquilibre, systèmes de captage et de mise à la terre de la foudre, vérifications périodiques tout au long de l'exploitation (tests du fonctionnement des dispositifs de sécurité, contrôle des brides, inspection visuelle), personnel de maintenance qualifié.

Ainsi, grâce aux mesures de prévention et de sécurité dont il fait l'objet, le parc éolien de Frôlois représente un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux qu'il est susceptible d'engendrer en cas d'accident.

ANNEXES ET TABLES DES ILLUSTRATIONS

9

9.1 Méthode de comptage des personnes pour le détermination de la gravité potentielle d'un accident 85

9.1.1 Terrains non bâtis 85

9.1.2 Logements 85

9.1.3 Établissements recevant du public (ERC) 85

9.1.4 Voies de circulation 85

9.1.5 Zones d'activité 85

9.2 Tableau de l'accidentologie française 86

9.3 Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques 103

9.3.1 Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02) 103

9.3.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendies (I01 à I08) 103

9.3.3 Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 et F02) 103

9.3.4 Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03) 104

9.3.5 Scénarios relatifs aux risques de projection de pale ou de fragments de pales (P01 à P03) 104

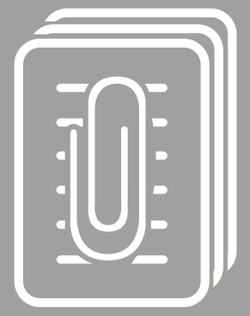
9.3.6 Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10) 104

9.4 Probabilité d'atteinte et risque individuel 104

9.5 Glossaire 105

9.6 Bibliographie et références utilisées 106

9.7 Table des illustrations 106



9.1 MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LE DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT

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 (chapitre 2.6), 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 (chapitre 7).

9.1.1 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 ha.

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.

9.1.2 Logements

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

9.1.3 Établissements recevant du public (ERC)

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

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

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

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

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

9.1.4 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 (< 2 000 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.

9.1.5 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.

9.2 TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau suivant recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et janvier 2026.

Tableau 37 : Inventaire de l'accidentologie des parcs éoliens en France (novembre 2000 – janvier 2026)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
2000										
Rupture de pale + Effondrement (balourd)	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5 MW	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale.	Tempête avec foudre répétée.	Rapport du CGM Site Vent de Colère	Retenu *Chute et projection d'éléments, effondrement*
2001										
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	Cause indéterminée.	Site Vent de Colère	Retenu (information peu précise) *Chute d'éléments*
2002										
Rupture de pale + Effondrement (balourd)	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié.	Tempête.	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	Retenu *Chute et projection d'éléments, effondrement*
Accident de maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	0,66 MW	2000	Non	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	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	Non retenu – Accident du travail
Chute de pale + Effondrement (balourd)	28/12/2002	Névian – Grande Garrigue	Aude	0,85 MW	2002	Non	Une pale d'éolienne se détache et entraîne l'effondrement du mât de 40 m. Aucun blessé n'est à déplorer.	Une défaillance du système de freinage du rotor serait à l'origine du sinistre. Le vent soufflant à plus de 100 km/h ce jour-là, celui-ci aurait dû bloquer l'hélice.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments, effondrement*
2003										
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	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 15/11/2003)	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Chute de pale	15/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Une pale en bois mesurant 21,7 m et pesant 2 t, se détache. Les morceaux s'écrasent au sol sur une grande surface.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
2004										
Chute de pale + Effondrement (balourd)	01/01/2004	Le Portel – Boulogne-sur-Mer	Pas-de-Calais	0,75 MW	2002	Non	Une éolienne perd ses trois pales. Le mât se brise à mi-hauteur et la nacelle chute.	Une expertise technique établit un défaut de conception. Les pales installées différaient de celles prévues par le constructeur du moyeu : l'insuffisance de la liaison au sein de la pale entre le matériau composite et les tire-fonds de fixation a entraîné une fissuration des pales éjectées.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments, effondrement*
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3 MW	1996	Non	Le vent abat une des éoliennes du parc.	Une expertise établit un dimensionnement insuffisant des fondations.	Base ARIA	Retenu *Effondrement*
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ (Site du Télégraphe)	Finistère	0,3 MW	2001	Non	Par une nuit de vent fort, une pale de l'une des éoliennes du parc se brise en heurtant le mat.	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base ARIA Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France 09/07/2004)	Retenu *Chute et projection d'éléments*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ (Site du Télégraphe)	Finistère	0,3 MW	2001	Non	Par une matinée de vent fort, 3 morceaux de pales d'éolienne (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m) sont retrouvés dans un champ. Aucun blessé n'est à déplorer.	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Base ARIA Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Retenu *Projection d'éléments*
Rupture de pales + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	2004	Non	De la fumée et un bruit inhabituel provenant de la nacelle d'une éolienne sont signalés aux secours. Sur place, les pompiers constatent que les 3 pales d'une éolienne se sont brisées : 2 sont tombées au sol et se sont disloquées, la troisième pend du hub. Un début d'incendie est constaté.	Une défaillance du système de freinage est à l'origine d'une vitesse de rotation excessive ayant conduit au bris de pales.	Base ARIA	Retenu (hors incendie) *Chute et projection d'éléments. Incendie non retenu car pas d'effet.*
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75 MW	2003	Non	Bris de trois pales.	Cause indéterminée	Site Vent de Colère	Retenu (information peu précise) *Chute et projection d'éléments*
2005										
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Non	Bris de pale.	Cause indéterminée	Site Vent de Colère	Retenu (information peu précise) *Chute et projection d'éléments*
2006										
Chute de pale	07/10/2006	Pleyber-Christ (Site du Télégraphe)	Finistère	0,3 MW	2001	Non	Une pale de 3 t se décroche et chute au sol, sans faire de victime.	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Base ARIA Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	Retenu *Chute d'éléments*
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66 MW	2001	Non	Un incendie sur deux aérogénérateurs provoque la mise à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien. L'une des nacelles est totalement détruite.	Des saboteurs sont entrés par effraction dans les mâts pour y placer des bouteilles de gaz de 13 kg, des pneus et des hydrocarbures.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08 MW	1993	Non	Une éolienne de 30 m de haut s'effondre. Le mât est sectionné à la base.	Tempête (vents mesurés à 137 km/h).	Base ARIA Article de presse (La Voix du Nord)	Retenu *Effondrement*
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5 MW	2005	Non	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	Non retenu – Accident pendant la phase chantier
2007										
Rupture de pale	02/03/2007	Clitourps	Manche	0,66 MW	2005	Non	Une pale d'aérogénérateur se brise. Un débris long de 5 m est projeté dans un champ à 200 m du mât.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3 MW	2007	Non	Une trappe de visite de 50 cm de diamètre est trouvée au sol. Elle est tombée de la nacelle d'une éolienne située 70 m plus haut.	L'exploitant identifie une défaillance de la charnière de la trappe.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
2008										
Survitesse du rotor	10/03/2008	Dinéault	Finistère	0,3 MW	1999	Non	Au cours de fortes bourrasques soufflant à plus 100 km/h, une éolienne ne se met pas en sécurité. L'hélice tourne bien au-delà de sa vitesse de fonctionnement nominale. Aucun dégât n'est relevé.	Une défaillance du système de freinage est à l'origine de l'accident.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans répercussion potentielle sur les personnes

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Collision d'avion	04/04/2008	Plouguin	Finistère	2 MW	2004	Non	L'aile d'un bimoteur de tourisme léger heurte une pale d'éolienne. Aucun blessé n'est à déplorer.	Les mauvaises conditions météos (selon la préfecture, des "entrées maritimes" rendaient les conditions de vol difficile) ont conduit le pilote à voler au-dessous de l'altitude autorisée.	Base ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Voie Sacrée (Érize-la-Brûlée)	Meuse	2 MW	2007	Non	Une trentaine de débris en fibre de verre est retrouvée au sol à 150 m d'une éolienne. Les projectiles, dont le plus gros mesure 5 m de long et pèse 50 kg, proviennent de l'extrémité d'une pale touchée par la foudre.	Foudre.	Base ARIA	Retenu *Projection et chute d'éléments*
Incendie	21/08/2008	Vauvillers	Somme	2 MW	2006	Non	Un incendie se déclare sur des éléments électroniques dans une nacelle. Par manque de combustible, les flammes s'éteignent avant l'arrivée des secours. L'éolienne est détruite.	Incident électronique.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Chute de pale	26/12/2008	Voie Sacrée (Raival)	Meuse	2 MW	2007	Non	Chute de pale.	Cause indéterminée.	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	Retenu *Chute d'éléments*
2009										
Électrisation d'opérateurs	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75 MW	2004	Non	Deux techniciens sont électrisés lors de la maintenance de compteurs électriques implantés au 1er niveau d'une éolienne.	Accident électrique.	Base ARIA	Non retenu – Accident du travail
Rupture de pale	08/06/2009	Bolléne	Vaucluse	2,3 MW	2009	Non	Bout de pale d'une éolienne ouvert.	Coup de foudre sur la pale.	Interne exploitant	Non retenu – Accident sans effet
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2 MW	2006	Non	Un incendie se déclare sur une éolienne. L'exploitant précise dans un communiqué de presse qu'à l'exception de l'éolienne détruite, aucun autre dommage n'a été observé.	Un court-circuit dans le transformateur sec embarqué en nacelle serait à l'origine du sinistre.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2 MW	2005	Non	Un feu se déclare au sommet du rotor d'une éolienne de 70 m de haut. Le matériel, en fibre de carbone et de verre, fond sous l'effet de la chaleur en dégageant de la fumée et en générant des nuisances olfactives perceptibles.	Selon l'exploitant, un court-circuit faisant suite à une opération de maintenance serait à l'origine du sinistre.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
2010										
Accident en phase de maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15 MW	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)	Non retenu – Accident du travail
Rupture de pales + Effondrement (balourd)	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	Suite à la dislocation du rotor sous l'effet de la survitesse, le mât s'est plié et l'éolienne s'est effondrée.	La dernière pale entière du rotor 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	Retenu *Chute et projection d'éléments, effondrement*
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	2004	Non	Un feu se déclare simultanément sur 2 éoliennes distantes de 3 km. L'une se disloque et projette des débris entrainant 2 incendies de végétation sur 3 500 et 1 500 m².	Selon les secours qui ont constaté de forts coups de vent ce jour-là, le dysfonctionnement des freins hydrauliques automatiques sur 2 éoliennes aurait conduit à leur emballement et à l'incendie.	Base ARIA	Retenu *Incendie, projection d'éléments*
Accident lors d'une maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire-Atlantique	2,3 MW	2010	Non	Un employé chargé de la maintenance d'une éolienne fait une chute de 3 m à l'intérieur de la nacelle. Le technicien est gravement blessé au dos mais ne présente ni fracture ni atteinte de la moelle épinière.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Non retenu – Accident du travail

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
2011										
Accident de transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau. Aucun blessé.	Accident de la route.	Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Non retenu – Accident hors site
Rupture de pale	14/12/2011	Bouin	Vendée	2,5 MW	2003	Non	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre.	Interne exploitant	Retenu (information peu précise sur la distance d'effet) *Projection d'éléments*
2012										
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3 MW	2006	Non	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.	Acte de malveillance.	Interne exploitant	Non retenu – Pas de propagation de l'incendie ni de chute d'éléments
Rupture de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,45 MW	2001	Non	Alors que le vent souffle en rafales à plus de 100 km/h, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha.	Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation (sécurité) auraient alors déclenché sa dislocation.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Électrisation d'opérateurs	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	2,5 MW	2007	Non	Au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Non retenu – Accident du travail
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,66 MW	2000	Non	Suite à plusieurs alarmes, des techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.	L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2 MW	2008	Non	Une pale de 46 m chute en pied de machine.	Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.	Vents violents.	Base ARIA	Retenu *Effondrement*
Rupture de pale	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	Non	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66 MW	2000	Non	Un feu se déclare sur une éolienne. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante.	Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle.	Base ARIA	Retenu *Incendie, projection d'éléments*
2013										
Chute de pale	06/03/2013	Roquetaillade	Aude	0,66 MW	2001	Non	À la suite d'un défaut de vibration, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain, des techniciens trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	La chute de la pale résulte de la rupture des vis de la bague extérieure du roulement de pale sachant que plusieurs d'entre elles s'étaient desserrées et ont été retrouvées au sol. Il s'avère que l'inspection tous les 6 mois des vis remplacées en avril 2012 n'avait pas été réalisée durant l'année écoulée avant la chute de la pale en mars 2013.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Incendie + chute de pale + fuite d'huile	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5 MW	2011	Non	Un incendie de nacelle se déclenche dans une éolienne. Une pale tombe au sol et 450 L du multiplicateur s'écoulent au sol.	La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance.	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute d'éléments, fuite d'huile*
Impact de foudre	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	2 MW	2006	Non	Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur. Le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Incursion d'un arc électrique lié à la foudre dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet (pale restée en place)
Accident d'un opérateur de maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	1.,3 MW	2006	Non	Au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle, un opérateur est blessé au visage par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient.	Les causes de cet accident semblent donc directement liées des défaillances organisationnelles.	Base ARIA	Non retenu – Accident du travail
Déversement d'huile	03/08/2013	Moréac	Morbihan	2 MW	2010	Non	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m².	Erreur de maintenance.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
2014										
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5 MW	2013	Non	Un feu se déclare dans une nacelle. Il s'éteint de lui-même après 2 heures. La nacelle est détruite, le rotor est intact.	La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	0,66 MW	2000	Non	Suite à une alarme, les techniciens de maintenance retrouvent une pale de 20 m au pied du mât.	L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée “alu ring”, située à la base de la pale.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Rupture de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05 MW	2012	Non	La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. L'élément principal chute au pied du mât. Certains débris sont projetés à 150 m.	Rafales de vent de 130 km/h.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3 MW	2002	Non	Des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Elle est retrouvée à 80 m du mât.	L'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
2015										
Incendie	29/01/2015	Rémigny	Aisne	2,3 MW	2015	Non	Un feu se déclare dans une éolienne.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2 MW	2011	Non	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Non retenu – Incident contenu à l'intérieur de l'éolienne
Chute de pale	05/04/2015	Roquetaillade	Aude	0,66 MW	2001	Non	Suite à une alarme, des techniciens constatent la présence d'une pale au sol en pied de tour.	Dégradation des vis de fixation des pales probablement engendré par le fonctionnement en mode dégradé des éoliennes durant 1 mois en 2013 suite à un accident similaire.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	2,5 MW	2007	Non	Un feu se déclare dans une nacelle.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Incendie*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Chute du rotor	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5 MW	2007	Non	Les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention.	Les premières constations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
2016										
Rupture de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Non	L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Rupture de pales	08/02/2016	Dinéault	Finistère	0,3 MW	1999	Non	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne de 29 m de haut. Une pale rompt et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat.	Vents violents.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
Rupture de pale	07/03/2016	Calanhel, Lohuec	Côtes-d'Armor	0,85 MW	2009	Non	Une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3 MW	2005	Non	Un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. L'écoulement est récupéré avant d'avoir atteint le sol	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite.	Base ARIA	Non retenu – Fuite contenue et sans effet
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1,2 MW	2008	Non	Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne. Un technicien est légèrement intoxiqué par les fumées. Le feu s'éteint rapidement.	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Base ARIA Communiqué du SDIS 80	Non retenu – Feu contenu à l'intérieur de l'éolienne.
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2 MW	2014	Non	De la fumée s'échappe de la nacelle d'un aérogénérateur, à 80 m de haut.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Électrisation d'un employé	14/09/2016	Les Grandes-Chapelles	Aube	2,3 MW	2009	Non	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. La victime est consciente.	Erreur de maintenance.	Base ARIA	Non retenu – Accident du travail
2017										
Fissuration d'une pale	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord	2,3 MW	2011-2012	Non	Une fissure de 6,5 m de long est constatée sur une pale d'une éolienne. Ce défaut est réparable et ne nécessite pas le remplacement de l'intégralité de la pale.	Selon le constructeur, le défaut est un cas isolé et ne présente pas de caractère générique.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet
Chute du rotor	12/01/2017	Tuchan	Aude	0,66 MW	2002	Non	Au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. Des impacts sur le mat sont visibles.	L'éolienne était à l'arrêt suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Le rotor est donc entré en survitesse.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Rupture de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	2 MW	2010	Non	Une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments et projection*
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	2 MW	2011	Non	Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne.	Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	2 MW	2011	Non	Suite à une alarme, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât.	L'expertise du fabriquant conclut à un défaut de fabrication du bord d'attaque de la pale.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Incendie + fuite d'huile	06/06/2017	Allones	Eure-et-Loir	3 MW	2014	Non	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât.	L'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boitier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre.	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute d'éléments, fuite d'huile*
Rupture de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente	2 MW	2010	Non	Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. L'exploitant collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât.	L'expertise réalisée par le fabriquant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Rupture de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	1,67 MW	2007	Non	Une pale d'éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor. Elle tombe au pied du mât.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Rupture de pale	17/07/2017	Fécamp	Seine-Maritime	0,9 MW	2006	Non	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne. Le lendemain, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât.	L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	Morbihan	2 MW	2008	Non	Une fuite d'huile est détectée sur une éolienne. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol.	La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Rupture de pale	04/08/2017	Priez	Aisne	2 MW	2017	Oui	Une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât. Le parc vient d'être construit et entre dans sa phase de mise en service.	Cause indéterminée. Le fabricant précise que la pale s'est brisée lors de sa descente et était en position basse lors de sa rupture	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Chute d'élément	08/11/2017	Roman	Eure	2 MW	2010	Non	Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg.	Défaut d'assemblage des boulonnages du carénage. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
2018										
Effondrement	01/01/2018	Bouin	Vendée	2,5 MW	2003	Non	Lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2.	À la suite d'une erreur d'interprétation des données, un opérateur place l'éolienne dans une position qui entraîne une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Les dispositifs de protection contre la survitesse s'activent, mais la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales.	Base ARIA	Retenu *Effondrement*
Rupture de pale	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	Meuse	2 MW	2008	Non	L'extrémité d'une pale se rompt lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Projection et chute d'éléments*
Rupture de pale	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Non	L'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol.	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.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Défaillance mécanique	08/03/2018	Vaite-Bussières	Doubs	2,8 MW	2016	Oui	L'alarme de suivi des vibrations de composants mobiles d'une éolienne s'active. Une équipe constate qu'une dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice, est cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement.	Le fabriquant de l'éolienne détecte un défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide : une inclusion de bulle d'air est découverte dans l'acier.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet
Rupture de pale	10/04/2018	Dio-et-Valquières	Hérault	1,67 MW	2006	Non	Suite à un orage violent une pale d'éolienne se délamine. Des morceaux chutent et sont projetés.	Un orage de pluie et de grêle avec de violentes rafales de vent ayant pu atteindre les 120 km/h, voire les 150 km/h aurait frappé cette zone.	Article de Actu.fr (02/05/2018)	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	2 MW	2008	Non	De nuit, un feu se déclare au pied d'une éolienne et se propage jusqu'à sa nacelle. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base.	La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	2 MW	2014	Non	Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. Des éléments en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. La végétation est brûlée sur 50m².	Selon la presse, un dysfonctionnement électrique serait à l'origine de l'incendie.	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute d'éléments*
Rupture de pales	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	0,66 MW	2000	Non	Une avarie est 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.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
Incendie + chute de pales	02/08/2018	Monts d'Ain (Izenave)	Ain	2,05 MW	2017	Oui	Durant la nuit, une éolienne s'est embrasée. Deux pales sont tombées et la nacelle est calcinée. Les sapeurs-pompiers ont évité la propagation de l'incendie à la végétation.	Plusieurs éléments recueillis par les gendarmes laissent à penser que l'incendie serait d'origine criminelle. Deux portes de turbines ont été fracturées.	Articles France 3 (03/08/2018) et National Wind Watch (04/08/2018)	Retenu *Incendie, chute d'éléments*
Incendie	28/09/2018	Trois Évêques (Sauveterre)	Tarn	2 MW	2009	Non	Un feu se déclare au niveau d'une nacelle. Des éléments enflammés chutent au sol. L'incendie se propage à la végétation voisine. La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. L'incendie impacte également 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, qui ont brûlé.	La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès amène les secours à conclure à un acte de malveillance.	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute d'éléments*
Fuite d'huile	17/10/2018	Flers-sur-Noye	Somme	2 MW	2017	Oui	Une opération de maintenance met en évidence une fuite d'huile depuis la nacelle d'une éolienne. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne, ainsi que des terrains cultivés adjacents, est de 2 000 m². Selon l'exploitant, 50 L ont été perdus. Une partie des cultures est perdue.	La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Effondrement	06/11/2018	La Mardelle (Guigneville)	Loiret	3 MW	2010	Non	Une éolienne de 140 m de haut en bout de pale s'effondre. L'inspection des installations classées constate sur site que le mat s'est arraché de sa base en béton.	Une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Malgré le lancement du protocole d'arrêt d'urgence, l'alimentation de secours (par batterie) des 3 pales était en défaut et n'a pas fonctionné.	Base ARIA	Retenu *Effondrement*
Rupture de pale	18/11/2018	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Non	Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés.	Cf. incident du 06/02/2018	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Rupture de pale	19/11/2018	Ollezy	Aisne	2,4 MW	2017	Oui	Un agent de surveillance constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Un morceau de 40 m est au sol dans un champ voisin, à environ 60 m. Un morceau de 18 m de long reste fixé au rotor	Défaut de fabrication de la pale.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
2019										
Incendie + fuite d'huile	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	2 MW	2011	Non	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât	Une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble être à l'origine de l'incendie	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute d'éléments, fuite d'huile*
Rupture de pale	17/01/2019	Bambiderstroff	Moselle	2 MW	2007	Non	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.	Selon les premiers éléments d'analyse, un défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Incendie	20/01/2019	Roussas	Drôme	1,75 MW	2006	Non	Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes. Elles sont lourdement endommagées.	D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Rupture de pale + Effondrement (balourd)	23/01/2019	Boutavent	Oise	2 MW	2011	Non	Suite à l'entrée en survitesse d'un rotor pendant près de 40 minutes, une pale se délamine. Le balourd plie en 2 le mât de l'éolienne. Des débris de pale sont retrouvés jusqu'à 300 m du mât.	Défaillance du système de sécurité assurant la mise en drapeau des pales de l'éolienne.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments, effondrement*
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	0,66 MW	2001	Non	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.	Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Fissuration de pièces du rotor	Février 2019	Rougemont-Baume	Doubs	2,75 MW	2016-2017	Oui	Suite à une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc de même technologie hors de France, l'exploitant inspecte ses installations françaises. Six éoliennes présentent un défaut similaire. Aucun dégât n'est à signaler.	L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague. Les roulements seront remplacés par des neufs.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet
Fuite d'huile	23/03/2019	Argentonnay	Deux-Sèvres	-	-	-	Une fuite d'huile se produit depuis le multiplicateur au niveau de la nacelle d'une éolienne. La majorité de l'huile est contenue dans la partie basse de la nacelle. Le reste s'écoule par débordement le long du mat par l'extérieur jusqu'au socle en béton au pied de l'éolienne. 1 à 2 L ont débordé sur la végétation jouxtant la plateforme.	La rupture d'un composant tournant du multiplicateur est à l'origine de l'incident.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Impact de foudre	02/04/2019	Équancourt	Somme	-	-	-	Lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base. Il n'y a pas eu de chute de composants.	Impact de foudre	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet
Électrisation en phase de maintenance	15/04/2019	Chailly-sur-Armançon	Côte-d'Or	-	-	-	Un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. La victime est légèrement blessée.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Non retenu – Accident du travail
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme	2,3 MW	2011	Non	Un feu se déclare sur une éolienne.	D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.	Base ARIA	Retenu *Incendie*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Incendie	25/06/2019	Ambon	Morbihan	1,7 MW	2008	Non	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. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol.	Erreur de maintenance (remplacement d'un contacteur).	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute d'éléments*
Rupture de pale	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne	2 MW	2009	Non	Deux techniciens constatent qu'une pale d'éolienne présente un angle anormal. Ils demandent sont arrêt à distance. Le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m, l'autre à 100 m.	Après expertise de la pale, il est constaté un contact inadéquat de la coque côté extrados et des bords avec l'adhésif du longeron.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
Impact de foudre	03/07/2019	Sigean	Aude	0,66 MW	2000	Non	Suite à une alarme, l'exploitant constate un impact de foudre sur le milieu de la pale et une ouverture du bout de pale sur 2 m.	Foudre.	Base ARIA	Non retenu – Accidents sans effet (pas de chute)
Rupture de pale	04/09/2019	Escales	Aude	0,75 MW	2003	Non	Suite à l'arrêt d'urgence brutal d'une éolienne, deux aérofreins se détachent d'une des pales. L'un est retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Mortalité d'espèce menacée	Septembre et octobre 2019	Chazeuil, Sacquenay	Côte-d'Or	2 MW	2019	Oui	Lors de suivis d'activité de l'avifaune, un bureau d'études découvre à trois reprises, entre septembre et octobre, un cadavre de Milan Royal, espèce protégée et menacée, dans un rayon de 50 m autour du pied d'une éolienne.	Les trois individus ont probablement heurté une pale d'éolienne.	Base ARIA	Non retenus – Accidents sans effet avéré ou potentiel sur la santé humaine
Chute d'élément	28/11/2019	Hangest-en-Santerre	Somme	3 MW	2014	Non	Le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Perte de contrôle d'une éolienne	06/12/2019	Avelanges	Côte-d'Or	2,5 MW	2020	Oui	Lors des phases de test avant mise en service, une éolienne commence à tourner malgré l'absence de raccordement électrique.	La mise en mouvement non contrôlée est due à une erreur de positionnement des angles des pales la veille de l'accident, couplée à la présence de vent violent.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet
Rupture de pale	09/12/2019	Montjean – Theil-Rabier	Charente	2 MW	2016	Oui	Un riverain constate la chute d'un bout de pale de 7 m. La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (2 points de rupture à 16,5 m et 47 m de la racine de la pale). Des débris solides sont projetés sur 2 parcelles agricoles aux alentours. Un morceau de 30 m initialement resté accroché à la racine de la pale tombe 48 h plus tard suite aux forts vents.	L'exploitant recherche les causes de cette rupture sachant qu'aucun emballement du rotor n'a été détecté dans les secondes qui ont précédé l'incident.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Échauffement avec dégagement de fumée	16/12/2019	Santilly	Eure-et-Loir	2,5 MW	2007	Non	Un feu sans flamme se déclare sur une éolienne du parc. Quatre heures après, il n'y a plus de fumée. 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 ARIA	Non retenu – Accident sans effet
Incendie	17/12/2019	Mont Gimont (Ambonville)	Haute-Marne	2 MW	2011	Non	Un feu se déclare en partie basse d'une éolienne.	L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
2020										
Chute d'élément	22/01/2020	Saint-Seine-l'Abbaye	Côte-d'Or	2 MW	2008	Non	Au cours d'une patrouille, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne.	L'événement est causé par une défaillance du collier de serrage sous dimensionné par rapport aux contraintes dans le temps.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Dégradation d'une nacelle	09/02/2020	Wancourt	Pas-de-Calais	2 MW	-	-	Le lendemain du passage de la tempête Ciara, des dommages sont visibles au niveau de l'aileron de la nacelle de l'unique éolienne du parc. Aucun débris au sol.	Conséquences de la tempête Ciara.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Rupture de pale	09/02/2020	Les Buissons (Beaurevoir)	Aisne	2 MW	2018	Oui	Une pale d'une éolienne se brise lors de la tempête Ciara. L'éolienne était alors à l'arrêt, pour une opération de maintenance. Des débris de pales en fibre de verre sont projetés dans les champs jusqu'à plusieurs centaines de mètres en raison des vents importants au moment de la rupture.	D'après l'exploitant, les conditions météorologiques durant le week-end sont à l'origine de la rupture de la pale.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Rupture de pale	26/02/2020	Montjean – Theil-Rabier	Charente	2 MW	2016	Oui	Une pale d'éolienne se rompt. 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 ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Incendie	29/02/2020	Boisbergues	Somme	2 MW	2015	Non	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne, sans atteindre le rotor	L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Incendie	24/03/2020	La Bouleste (Flavin)	Aveyron	2 MW	2018	Oui	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.	Cause indéterminée	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Mortalité d'espèce menacée	30/03/2020	Les Useroles	Côte-d'Or	2,4 MW	2019	Oui	Un parc éolien est mis à l'arrêt à la suite de la découverte de 2 cadavres de Milan royal au pied de 2 éoliennes.	Les individus ont probablement heurté une pale d'éolienne.	Base ARIA	Non retenus – Accidents sans effet avéré ou potentiel sur la santé humaine
Fissuration d'une pale	31/03/2020	Lehaucourt	Aisne	2,5 MW	2007	Non	À l'occasion d'un contrôle visuel, un technicien constate une fissure sur la pale d'une éolienne. Le défaut, identifié pour la première fois en novembre 2019, a significativement évolué.	La fissure est due à un défaut de collage au moment de la fabrication de la pale. Les intempéries ont aggravé cette dégradation.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet
Fuite d'huile	10/04/2020	Ruffiac	Morbihan	2 MW	2009	Non	Lors d'une maintenance, une fuite d'huile est constatée au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 L s'écoulent le long du mât. Les sols à proximité sont affectés.	L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Incendie avec propagation	20/04/2020	Le Vauclin	Martinique	0,275 MW	2004	Non	Un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement. L'incendie de l'huile du transformateur électrique se propage aux broussailles à proximité	Un court-circuit dû à un manicou (famille des marsupiaux) serait à l'origine de l'incendie.	Base ARIA	Non retenu – Incident survenu hors phase d'exploitation
Rupture de pale	30/04/2020	Plouarzel	Finistère	0,66 MW	2000	Non	Une pale de 20 m de long d'une des éoliennes présente une pliure (détérioration à mi-longueur). Des traces de choc sur le mât sont visibles. Une partie de 1,5 m chute au sol et des débris de fibres de verre et de colle sont présents dans un rayon de 60 m autour de l'éolienne.	L'éolienne, âgée de 20 ans, n'est pas dotée de dispositif de détection de balourd. D'après les premiers éléments d'analyse, l'éventualité d'un impact de foudre n'est pas écartée, ou d'une mauvaise orientation des pales, qui a pu entraîner un défaut généralisé. L'inspection des installations classées avance l'hypothèse de coups de vents à répétition, dont la vitesse serait supérieure à celle à l'origine du dimensionnement de l'éolienne.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Fuite d'huile	07/06/2020	Lehaucourt	Aisne	2,5 MW	2007	Non	Une fuite d'huile hydraulique se produit au niveau du multiplicateur d'une éolienne et s'écoule le long du mât. La quantité d'huile perdue est estimée, lors de la remise à niveau après réparation, à 50 L.	La fuite est due à la rupture d'un flexible de lubrification hydraulique pour refroidissement de la boite de vitesse.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Chute de pale	27/06/2020	La Ferrière-Plémet	Côtes-d'Armor	2,5 MW	2015	Non	Une pale de 10 t se détache du rotor d'une éolienne. Des débris de pale (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 a été endommagée.	Une perte d'adhérence entre les inserts métalliques de liaison du pied de la pale au moyeu du rotor a conduit à la chute. La rupture d'adhérence est survenue de manière prématurée à la suite de l'accumulation de phénomènes de charge : vents violents, rafales, turbulences, changement de mode de production dû au bridage acoustique.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Incendie	01/08/2020	Montagne ardéchoise (Issanlas)	Ardèche	2,5 MW	2017	Oui	Des techniciens en intervention constatent un dégagement de fumée au niveau de la nacelle d'une éolienne. Des résidus en combustion ont atteint le sol, ce qui a provoqué des dégâts sur 20 m² de végétation au pied de l'éolienne. Les dégâts internes restent concentrés au niveau de la génératrice.	L'exploitant constate que les performances du joint, qui sert à orienter le flux d'air sur la génératrice, ne sont pas conformes. Les caractéristiques du joint associées à une faiblesse locale d'isolement de la génératrice ont entraîné la combustion du joint. De plus, le détecteur de fumée de l'éolienne signalait un défaut qui n'a pas été transmis au centre de contrôle	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute d'éléments*
Fuite d'huile	01/09/2020	Escardes, Bouchy-Saint-Genest	Marne	2 MW	2016	Oui	Lors d'une visite de site, un opérateur constate une fuite d'huile sur l'une des éoliennes. Le produit a atteint le sol au pied du mât. L'exploitant estime la quantité ayant fui à 20 L.	La fuite proviendrait d'un flexible allant d'un accumulateur à un collecteur de deux pales.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Fuite d'huile	11/12/2020	Charmont-en-Beauce	Loiret	3 MW	< 2015	Non	Une fuite d'huile se produit au niveau de la nacelle d'une éolienne et s'écoule le long du mât. L'alerte est donnée par une équipe de maintenance en intervention sur le parc. Un diagnostic de pollution des sols est demandé.	La fuite 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 son ouverture involontaire.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
2021										
Rupture de pale	12/01/2021	Les Joyeuses (Saint-Georges-Sur-Arnon)	Indre	2,5 MW	2009	Non	Une éolienne est retrouvée avec une pale déchiquetée. La nacelle et les 2 autres pales de l'éolienne sont endommagées. Des débris sont retrouvés au sol dans un rayon de 100 m. Plusieurs composants sont soumis aux intempéries. 10 jours après l'incident, un épisode de fort vent fait à nouveau chuter des éléments au sol.	Lors de l'incident, l'éolienne était soumise à des vitesses de vent qui nécessitent une régulation de la puissance produite par le système d'orientation des pales. Pour les 3 pales simultanément, ce système est inopérant, l'éolienne entre alors en survitesse. Ce défaut est lié à une erreur de programmation du logiciel de commande des convertisseurs.	Article France bleu (13/01/2021) + Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Rupture de pale	12/02/2021	Parc de l'Osière (Priez)	Aisne	2 MW	2017	Oui	Les deux-tiers d'une pale ont chuté au pied de l'éolienne. Aucun dégât n'est identifié.	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.	Article l'Union (14/02/2021) + Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Rupture de pale	13/02/2021	Vallée des Gommiers (Patay)	Loiret	2 MW	< 2010	Non	Suite à une alerte automatique, une équipe d'intervention constate l'arrachement de fibres de verre sur le bord de fuite d'une pale d'éolienne. Des lames de fibres de verre sont retrouvées à 30 m de la machine et des fragments jusqu'à 150 m.	À la suite d'une analyse de l'état de la pale, un tiers-expert constate un défaut de collage, soit au niveau de la répartition de la colle, soit au niveau de la qualité de la colle.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Incendie + Fuite d'huile	17/02/2021	Sainte-Rose	La Réunion	0,27 MW	2004	Non	Un feu se déclare dans le local base vie d'un parc éolien. Un déversement d'huile et de graisse (6 m³ environ) est visible sur 20 m devant le local. Une semaine après l'incendie, la zone est dépolluée.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Non retenu - Évènement ne concernant pas les éoliennes du parc
Fuite d'huile	30/08/2021	La Lande Bergeron (Moréac)	Morbihan	2 MW	2010	Non	Suite à l'arrêt automatique d'une éolienne, des techniciens observent une fuite d'huile en sortie de nacelle sur la tour extérieure. 40 L d'huile de la boîte de vitesse se sont déversés au sol.	La fuite est due à la rupture d'un flexible. Le jour de l'événement, un câble collé au flexible a été changé, une possible dégradation immédiate a pu se produire à cause de la vétusté.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Défaillance mécanique	14/09/2021	Treilles	Aude	1,3 MW	2001	Non	Une défaillance dans le mécanisme du rotor d'une éolienne (boîte de vitesse) provoque un blocage de ce dernier.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet
Fuite d'huile	12/10/2021	Bétheniville	Marne	2 MW	2015	Non	Lors d'une intervention sur la turbine d'un parc éolien, les techniciens constatent une fuite d'huile localisée dans le moyeu. Une perte de 20 L d'huile est enregistrée. Des traces sont présentes en nacelle, dans le moyeu, le long du mât et sur une partie en béton de la fondation.	Un joint défectueux sur un distributeur a causé la fuite du fluide hydraulique.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet (déversement limité à l'éolienne et sa fondation béton)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Fuite d'huile	18/10/2021	Montagne-Fayel	Somme	2 MW	-	-	Une fuite d'huile est constatée par un agriculteur. La quantité d'huile perdue est estimée à 20 litres (à plus ou moins 50 %). Un diagnostic de pollution des sols est réalisé. Un nettoyage des tours et des pales est effectué.	L'analyse des causes profondes a démontré que le problème était issu d'une erreur humaine à la conception : le technicien en charge de la construction a mal effectué le sertissage des tuyaux, ce qui a conduit à sa porosité plus rapide à l'origine de la fuite.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Chute d'élément	20/10/2021	Coole	Marne	-	-	-	Une partie en fibre du cône de nez d'une éolienne chute dans un parc éolien. Un périmètre de sécurité est mis en place. Le parc éolien est à l'arrêt.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Rupture de pale	21/10/2021	Auzay (Auchay-sur-Vendée)	Vendée	4,2 MW	2021	Oui	Au lendemain de la tempête Aurore, la pale d'une éolienne est fendue en deux, pendante et menace de tomber. Des débris ont été projetés entre 100 et 400 m de la turbine.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Fuite d'huile	03/11/2021	Truc de l'Homme	Lozère	1,7 MW	2015	Non	Des traces de graisse sont observées sur les plateformes et à la base des pales d'éoliennes.	Le déversement est lié à la présence de fissures sur les joints d'étanchéité des pales.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Rupture de pale	15/11/2021	Bignan	Morbihan	1 MW	2009	Non	À la suite de vents violents, la pale d'une éolienne s'est délaminée provoquant sa rupture au niveau de sa moitié. L'éolienne s'arrête sur alarme de vibrations.	D'après l'expert mandaté, c'est une faiblesse structurelle liée à la méthode de fabrication qui affecte fréquemment les pales d'ancienne génération.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Rupture de pale	03/12/2021	La Souterraine	Creuse	2 MW	2013	Non	Une éolienne perd une pale qui tombe à environ 60 à 100 m du pied de l'éolienne. Des débris chutent également à proximité de la turbine. La fixation entre la pale et le moyeu central est restée attachée.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Rupture de pale	24/12/2021	Fécamp	Seine-Maritime	0,9 MW	2006	Non	Un aérofrein se détache d'une pale. L'éolienne s'arrête automatiquement. Lorsque l'équipe de maintenance se déplace sur le site, celle-ci découvre l'équipement à 155 m de la turbine.	L'exploitant explique cette chute d'aérofrein par la combinaison de la rupture d'un tendeur et l'affaiblissement de l'assemblage collé de l'aérofrein faisant suite à un évènement passé similaire.	Base ARIA	Retenu *Projection d'éléments*
2022										
Fuite d'huile	03/02/2022	Noirlieu	Marne	0,85 MW	2005	Non	Une fuite d'huile est constatée sur le mât d'une éolienne sans avoir atteint le sol.	L'origine de l'événement est une infiltration d'eau sur le toit de la nacelle qui a emmené avec elle les tâches d'huiles présentes dans le fond de nacelle, à l'extérieur du mât.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet (déversement limité à l'éolienne)
Fuite d'huile	10/02/2022	Oresmaux	Somme	2 MW	2008	Non	Une fuite d'huile se produit au niveau du système d'orientation des pales dans le rotor et s'écoule le long du mât d'une éolienne. 100 L d'huile se déversent. Une faible quantité a atteint le pied de l'aérogénérateur.	Erreur de maintenance : la fuite est due à un bouchon mal resserré d'un cylindre du système d'orientation des pales.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Fuite d'huile	24/03/2022	Lislet	Aisne	2 MW	2008	Non	Des traces d'huiles sont identifiées sur le mât et la plateforme d'une éolienne ainsi que sur le chemin d'accès et 2 parcelles voisines.	La cause de l'événement est la rupture d'un sertissage d'un flexible dans la nacelle.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Rupture de pale	02/04/2022	Saint-Félix Lauragais	Haute-Garonne	1,6 MW	2008	Non	Une pale d'éolienne est partiellement brisée. Une partie est suspendue au moyeu et le reste se trouve au sol, des débris étant retrouvés dans un rayon d'une centaine de mètres.	Hypothèse d'une panne/casse mécanique sur le système d'orientation de la pale.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Chute d'élément	03/04/2022	Omissy	Aisne	2 MW	2008	Non	Le marchepied fixé dans le moyeu d'une éolienne se désolidarise. Une des pièces de fixation s'échappe du cône et chute sur l'escalier d'accès au pied de la turbine.	Défaillance technique.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Incendie	20/04/2022	Saint-Germainmont	Ardennes	2,05 MW	2012	Non	Un incendie s'est déclaré dans la nacelle d'une éolienne. Les pompiers, rapidement alertés, ont installé un périmètre de sécurité et ont laissé le feu s'éteindre de lui-même. Le sinistre n'aura duré qu'une trentaine de minutes.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Incendie*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Fuite d'huile	27/04/2022	Riols	Hérault	0,9 MW	2004	Non	Des techniciens en intervention constatent une coulée d'huile biodégradable de 140 L sur le mât et des projections de gouttes au sol, sur la plateforme d'une éolienne.	La fuite est due à une rupture de flexible de la multiplicatrice en nacelle	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Chute de pale	30/04/2022	Roquetaillade	Aude	0,66 MW	2001	Non	Une pale se détache et tombe au sol, entraînant l'arrêt automatique de l'éolienne. Aucune projection n'est constatée.	La chute de la pale fait suite à une rupture du roulement de pale.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Fuite d'huile	12/05/2022	Bessey-sur-Chaume	Côte-d'Or	-	-	-	Un opérateur de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique en provenance de la nacelle d'une éolienne. L'huile coule hors de la nacelle, le long du mât, jusqu'au sol.	La cause de la fuite est un défaut du joint situé entre le distributeur d'une pale et le vérin.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Fuite d'huile	29/05/2022	Assac	Tarn	2 MW	< 2013	Non	Près de 150 L d'huile se déversent d'un multiplicateur. La majeure partie est contenue dans le bac de rétention de la nacelle mais un écoulement jusqu'au sol est constaté.	La machine était à l'arrêt depuis plusieurs jours. Le rotor a essayé de bouger avec le vent, causant la casse d'un roulement. La multiplicatrice serait alors sortie de son logement et ouverte entrainant le déversement de l'huile.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Chute d'élément	11/07/2022	Le Haut-Corlay	Côtes-d'Armor	1,5 MW	2006	Non	Une trappe d'accès au moyeu d'une éolienne est retrouvée au sol.	La chaleur serait à l'origine de la défaillance. Avec les fortes chaleurs estivales, la fibre du cône de nez du hub se dilate, rendant le système de verrouillage de la trappe inefficace.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Incendie	05/08/2022	Pont-Melvez	Côtes-d'Armor	2 MW	2006	Non	Un feu se déclare au niveau d'une nacelle d'éolienne. Les éléments incandescents tombés au sol brulent 400 m² de végétation.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Fuite d'huile	10/08/2022	Cussy-les-Forges	Yonne	2,4 MW	2022	Oui	Suite à une fuite dans une nacelle, une alerte automatique est transmise à l'exploitant. L'huile coule en pied de tour, sans atteindre le sol environnant.	La fuite est due un tuyau hydraulique cassé à la suite d'un problème de montage.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet (déversement limité à l'éolienne)
Incendie	22/08/2022	Coole	Marne	-	-	-	Lors de travaux d'entretien, la nacelle d'une éolienne prend feu. Elle est immédiatement mise à l'arrêt. Aucun blessé n'est à déplorer.	D'après la presse, le sinistre serait dû à l'explosion du convertisseur d'électricité installé dans la nacelle.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Fuite d'huile	19/09/2022	Les Touches	Loire-Atlantique	2,5 MW	2015	Non	Lors d'une maintenance, des techniciens découvrent une fuite dans une nacelle. 80 L d'huile sont présents dans le bac de rétention et une vingtaine de litres le long de la tour. Les traces s'arrêtent 10 m sous la nacelle.	Un flexible défaillant semble être à l'origine de l'accident.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet (déversement limité à l'éolienne)
Impact de foudre	23/11/2022	Plélan-le-Grand	Côtes-d'Armor	2 MW	2008	Non	Suite à un orage et à l'arrêt automatique d'une éolienne, celle-ci est redémarrée. Le bout d'une pale se plie alors. Après inspection, un impact de foudre est visible.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet (pas de chute ou de projection)
2023										
Incendie	09/01/2023	Petit-Caux	Seine-Maritime	2,5 MW	2007	Non	Suite à une alarme incendie, les sapeurs-pompiers observent un dégagement de fumée à l'ouverture de la porte de l'éolienne. L'incendie provient de la nacelle. Ni flammes visibles ni fumées ne s'échappent à l'extérieur.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Non retenu – Pas de propagation de l'incendie ni de chute d'éléments
Projection de glace	17/01/2023	Le Born	Lozère	3,6 MW	2022	Oui	Des skieurs alertent l'exploitant du parc éolien de la projection de glace par des éoliennes. Le parc est arrêté à distance le lendemain.	Une défaillance au niveau des systèmes de détection de glace est à l'origine du non-arrêt des éoliennes malgré la présence de glace sur les pales.	Base ARIA	Retenu *Projection de glace*
Rupture de pale	23/02/2023	Moeuvres	Nord	3,3 MW	2016	Oui	Un agriculteur ramasse des morceaux de pale d'éolienne au sol. Des morceaux de 10 à 70 cm ont chuté ainsi que des peignes acoustiques.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Incendie	09/03/2023	Froidfond - Espinassière	Vendée	2 MW	2006	Non	Un feu se déclare sur la nacelle d'une éolienne, lors de sa remise en tension. L'incendie se propage à une pale. Des techniciens de maintenance présents alertent l'exploitant et les pompiers. Le parc est mis à l'arrêt.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Rupture de pale	14/03/2023	Peux-et-Couffouleux	Aveyron	-	-	-	Un employé en intervention constate la chute du spoiler d'une pale d'éolienne. L'éolienne accidentée est arrêtée à distance ainsi que l'ensemble des machines du parc.	L'arrachement du spoiler est dû à un desserrage des boulons qui a entraîné un jeu entre le spoiler et la pale qui, à force de vibration, a endommagé la fibre. Les serrages sont vérifiés tous les 4 ans. Le dernier contrôle a eu lieu 2 ans auparavant.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Incendie	20/03/2023	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2 MW	2008	Non	Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. La machine est en drapeau. L'incendie se propage en direction des pales. La circulation est interdite aux abords.	Plusieurs causes sont envisagées : court-circuit, mauvais serrage de connexions électriques, arc électrique. L'éolienne n'a pas fait remonter d'alarme avant le départ de feu. Elle n'était pas équipée de système de détection incendie (dispositifs mis en place sur l'ensemble des turbines suite à l'accident).	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Fuite d'huile	21/04/2023	Hauts de Melleray	Eure-et-Loir	2,5 MW	2007	Non	Lors du démantèlement du parc éolien, la boîte de vitesse d'une turbine a heurté le sol causant la rupture d'un flexible de son réseau d'huile. 30 kg de fluide se sont déversés sur la plateforme. Le revêtement pollué a été retiré et traité dans un centre spécialisé.	La boîte de vitesse bougeait lors du lestage pour sa pose sur la plateforme (1 m au-dessus du sol). C'est en raison de ces mouvements non maîtrisés qu'elle a heurté le sol.	Base ARIA	Non retenu – Incident survenu hors phase d'exploitation
Fuite d'huile	09/05/2023	Yvignac-la-Tour	Côtes-d'Armor	2 MW	2014	Non	Une fuite d'huile se produit sur une éolienne. Détectée 1 mois après, 180 l de fluide ont coulé depuis la nacelle et ont pollué le sol. Un prestataire est mandaté pour dépolluer le sol. Un suivi sanitaire et environnemental est lancé.	La fuite a été provoquée par une mauvaise manipulation lors de la maintenance annuelle. Un filtre a été coupé, entraînant la fuite.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Rupture de pale	12/07/2023	Les Rosières	Meuse	2,2 MW	2019	Oui	Suite à une tempête et à la transmission d'une alarme, une équipe constate la casse de l'une des pales d'une éolienne. Celle-ci menace de tomber. Quelques débris sont au sol.	Impact de foudre	Base ARIA L'Est Républicain (12/07/2023)	Retenu *Chute d'éléments*
Rupture de pale	12/09/2023	Patay	Loiret	2 MW	< 2013	Non	Un morceau de pale de 2 m de longueur est retrouvé au sol. Le parc éolien est mis à l'arrêt par mesure de prévention.	L'exploitant suspecte un impact de foudre d'après les premières constatations et au vu des conditions météorologiques précédent l'événement.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Chute d'élément	16/11/2023	Saint-Chartier	Indre	2 MW	2018	Oui	Lors d'une période ventée, le carénage du moyeu d'une éolienne tombe. Le parc éolien est arrêté et un balisage est mis en place.	Cause indéterminée.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
2024										
Incendie	31/01/2024	Vitry-la-Ville	Marne	-	-	-	Un conteneur de déchets situé au pied d'une éolienne prend feu. L'incendie est éteint et une société spécialisée se charge d'évacuer les déchets et de nettoyer le périmètre concerné. Les boutons d'arrêt d'urgence du poste de livraison électrique sont fondus	Acte de malveillance.	Base ARIA	Non retenu - Évènement ne concernant pas les éoliennes du parc
Rupture de pale	11/02/2024	Beaucaire	Gard	2,5 MW	2006	Non	La chute de l'extrémité d'une pale est constatée. Le morceau mesure 7 à 10 m et pèse près de 400 kg. Le système de détection de balourd a stoppé le rotor automatiquement.	La dernière inspection visuelle de cette pale l'avait classée en criticité 4 sur 5 et elle devait être réexaminée. La casse est survenue avant que le contrôle ne soit refait.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Incendie	22/03/2024	Framerville-Rainecourt	Somme	2 MW	< 2009	Non	Un incendie se déclare dans la nacelle d'une éolienne et s'étend à une pale. Le rotor est à l'arrêt. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré.	La veille de l'événement, l'éolienne a été mise à l'arrêt en raison d'un défaut sur le convertisseur. Le jour de l'incident, l'équipe de maintenance est intervenue. Après ses vérifications, elle a recouplé une cellule haute-tension et observé un dégagement de fumée.	Base ARIA	Retenu *Incendie*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Chute d'élément	26/03/2024	Domart-en-Ponthieu	Somme	2 MW	2017	Oui	Un agriculteur constate la chute du carénage du moyeu d'une éolienne. Une fois l'alerte donnée, l'ensemble du parc est mis à l'arrêt et une inspection des turbines est réalisée.	Cause en attente d'identification.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Incendie	28/03/2024	Derval	Loire-Atlantique	2 MW	2008	Non	Un incendie se déclare dans la nacelle d'une éolienne. Le rotor est à l'arrêt. Les autres turbines sont arrêtées. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité sur 200 m.	Quatre jours avant l'événement, l'éolienne a été mise à l'arrêt en raison d'un défaut sur le système d'orientation des pales. Vers 7h30, un témoin a aperçu un éclair au niveau de l'éolienne.	Base ARIA	Retenu *Incendie*
Rupture de pale	21/05/2024	Peux-et-Couffouleux	Aveyron	-	-	-	Un aérofrein chute d'une éolienne venant d'être arrêtée. Les techniciens présents sur place retrouvent l'élément, encore lié à son mécanisme, au pied du mat.	Le contrôle à distance de l'éolienne a reçu un code erreur 1h15 avant l'événement. Les techniciens ont constaté une pression élevée dans le mécanisme des aérofreins.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Fuite d'huile	29/08/2024	Cormainville	Eure-et-Loir	-	-	-	Une fuite d'huile est constatée au niveau d'une éolienne à l'arrêt. La fuite part du moyeu et s'écoule au pied du mât sans infiltration du sol.	L'anomalie serait due à un défaut matériel. La fuite provenait de l'intérieur du moyeu. Cette dernière ne pouvait être anticipée selon le maintenancier.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet (déversement limité à l'éolienne)
Rupture de pale	08/09/2024	Parc de l'Osière (Priez)	Aisne	2 MW	2017	Oui	La pale d'une éolienne rompt. Elle heurte une deuxième pale qui se casse partiellement et heurte le mât de l'aérogénérateur. Un morceau heurte également la troisième pale. L'éolienne s'arrête automatiquement.	L'expertise des pales indique que plusieurs impacts de foudre étaient présents à proximité de la zone de rupture de la première pale endommagée.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Impact de foudre	19/09/2024	La Houssaye-Béranger	Seine-Maritime	2,2 MW	2023	Oui	Lors d'une opération de maintenance, quatre impacts de foudre sont observés sur une pale. Le câble anti-foudre est endommagé bien que l'éolienne soit fonctionnelle. Elle est finalement stoppée et la pale est démontée puis réparée.	L'impact de foudre, d'une intensité de 315 kA, a dépassé la limite de 200 kA mentionnée dans la norme IEC 61400-24. L'endommagement de la pale n'a pas généré d'alarme des capteurs de vibration.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet (pas de chute ou de projection)
Rupture de pale	06/12/2024	Rembercourt-Somaisne	Meuse	3 MW	2024	Oui	Une turbine s'arrête automatiquement suite à une rupture de pale. La partie cassée reste attachée au rotor, en appui sur la nacelle et finit par chuter quelques heures plus tard.	Défauts de fabrication de la pale.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Fuite d'huile	20/12/2024	Parc de l'Osière (Priez)	Aisne	2 MW	2017	Oui	Une fuite d'huile se produit sur le rotor d'une éolienne. Plusieurs kits antipollution sont utilisés au sol.	La fuite d'huile est due à la rupture d'un joint de la valve proportionnelle.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
2025										
Chute d'élément	10/01/2025	Thiérache	Ardennes	3,75 MW	2020	Oui	Une chute d'un collier de fixation de pale se produit. L'élément tombe en plusieurs morceaux.	Cause en attente d'identification.	Base ARIA	Retenu *Chute d'éléments*
Fuite d'huile	16/01/2025	Liniez	Indre	2,2 MW	2023	Oui	140 L d'huile hydraulique se sont écoulés depuis la nacelle d'une éolienne impactant les sols en contre-bas. La turbine s'est arrêtée automatiquement suite à la détection de l'anomalie par les capteurs de niveau.	L'origine de la fuite est identifiée au niveau de la valve proportionnelle de la pale C, où plusieurs boulons se sont cassés. Les boulons, livrés par un sous-traitant, étaient défectueux.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Fuite d'huile	22/01/2025	Leffincout	Ardennes	2 MW	2010	Non	Une éolienne se met à l'arrêt automatiquement suite à la détection d'une baisse de la pression d'huile dans le circuit hydraulique. Un kit anti-pollution est mis en place autour du mât pour éviter toute pénétration dans le sol.	Une défaillance du joint d'un organe de contrôle de la pression de la multiplicatrice est à l'origine de la fuite.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet (aucune atteinte des sols)
Incendie	23/01/2025	Anoux	Meurthe-et-Moselle	2 MW	2008	Non	La nacelle d'une éolienne s'embrase. La turbine s'arrête automatiquement. L'événement a entraîné la perte de 600 l d'huile et la projection de fibres de verre et de résines composites sur les parcelles voisines dans un rayon de 300 m.	Échauffement d'un roulement.	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute et projection d'éléments, fuite d'huile*

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance des éoliennes	Mise en service	Technologie récente	Description de l'accident et dégâts	Cause(s) probable(s) de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude
Fuite d'huile	03/02/2025	Saint-Chartier	Indre	2 MW	2018	Oui	Le maintenancier détecte une fuite d'huile sur le rotor d'une éolienne. La fuite a contaminé les sols au pied de la turbine. Environ 60 l d'huile ont été perdus.	La fuite est due au mauvais serrage d'un tuyau dans le collecteur à raccordement multiple manifold au niveau du rotor de l'éolienne.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Incendie	10/02/2025	Saint-Christophe-du-Bois	Maine-et-Loire	2 MW	2010	Non	Un départ de feu se produit au niveau d'une nacelle (dégagement de fumées noires). Les secours identifient l'origine du feu au niveau du transformateur et confirment l'absence de point chaud.	Usure de la bobine du transformateur suite à un arrêt prolongé de la turbine.	Base ARIA	Non retenu – Accident sans effet
Fuite d'huile	29/04/2025	Bétheniville	Marne	2 MW	2016	Oui	Une éolienne se met à l'arrêt suite à la détection d'une baisse de la pression d'huile dans le circuit hydraulique. Un kit anti-pollution est installé autour du mât pour éviter toute pénétration dans le sol.	La fuite est due au remplacement d'accumulateurs hydrauliques sur une pale la veille de l'évènement. Une bride a été mal serrée lors du montage.	Base ARIA	Non retenu – Évènement sans effet (aucune atteinte des sols)
Incendie	05/05/2025	Lafresguimont-Saint-Martin	Somme	2 MW	2016	Oui	Une nacelle et son rotor s'embrasent. L'éolienne est arrêtée à distance environ 30 minutes après le départ du feu. Des débris sont retrouvés au sol.	Cause en attente d'identification. La défaillance viendrait d'un convertisseur de fréquence au niveau duquel une anomalie avait été détectée et une alarme de température s'était déclenchée quelques minutes avant l'incident.	Base ARIA	Retenu *Incendie, chute et projection d'éléments,*
Fuite d'huile	03/06/2025	Saint-Amand-sur-Fion	Marne	2 MW	2013	Non	Lors d'une maintenance, une fuite d'huile est détectée sur une éolienne. Le mainteneur installe un kit antipollution au pied du mât afin de limiter la pollution du sol.	Cause en attente d'identification.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Fuite d'huile	13/06/2025	Parc du Lomont (Vyt-les-Belvoir)	Doubs	2 MW	2007	Non	Une fuite d'huile est constatée depuis la nacelle d'une éolienne. Des projections sont constatées sur plusieurs dizaines de mètres autour de la turbine.	Cause en attente d'identification.	Base ARIA	Retenu *Fuite d'huile*
Rupture de pale + Chute d'élément	16/07/2025	Fresnes-en-Saulnois	Moselle	2,3 MW	< 2015	Non	Un rotor entre en survitesse. Une pale se désagrège et éjecte des débris. La nacelle, dont l'arbre de transmission s'emballe également, s'éventre à son tour et des débris importants sont projetés au sol, dont la génératrice et une armoire électrique.	Cause de la survitesse à déterminer.	Base ARIA	Retenu *Chute et projection d'éléments*
Incendie	01/12/2025	Bazoches-les-Gallerandes	Loiret	2 MW	2007	Non	Une nacelle d'éolienne s'est embrasée dans la nuit. L'incendie s'est éteint spontanément. Les pales sont restées solidaires du rotor.	Cause en attente d'identification.	Article La République du Centre (01/12/2025)	Retenu *Incendie*
2026										
Rupture de pale	09/01/2026	Neuvy-Bouin	Deux-Sèvres	2 MW	2011	Non	Suite à une tempête, l'extrémité d'une pale d'éolienne est endommagée et des éléments sont retrouvés au sol.	Des investigations sont en cours. L'hypothèse la plus probable est un impact de foudre.	Article La Nouvelle République (20/01/2026)	Retenu *Chute d'éléments*

9.3 SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4 de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.

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 à l'origine du guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (« 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).

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

Scénario G01

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

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

- système de détection de glace ;
- arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ;
- arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

Scénario G02

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

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

9.3.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendies (I01 à I08)

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

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

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples 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, entrainant 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.

9.3.3 Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 et F02)

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

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

Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant, 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 environnant l'éolienne.

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

- vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance ;
- détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances ;
- procédure de gestion des situations d'urgence.

Deux événements peuvent être aggravants :

- écoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours ;
- présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

Scénario F02

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse, etc. 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.

9.3.4 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.

9.3.5 Scénarios relatifs aux risques de projection de pale ou de fragments de pales (P01 à P03)

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, etc.

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 dans la partie consacrée aux incendies.

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

Facteur aggravant : infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballement de l'éolienne.

Scénario 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.

9.3.6 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, etc.

9.4 PROBABILITÉ D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le tableau suivant récapitule les probabilités d'atteinte en fonction de l'événement redouté central.

Tableau 38 : Probabilité d'atteinte d'une personne

Évènement redouté central (ERC)	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC	Degré d'exposition	Probabilité d'atteinte
Effondrement	0,0001	0,0093	$9{,}3.10^{-7}$(E)
Chute de glace	1	0,00005	5.10^{-5} (D)
Chute d'éléments	0,001	0,0085	$8{,}5.10^{-6}$ (E)
Projection d'éléments	0,001	0,00023	$2{,}3.10^{-7}$ (E)
Projection de glace	0,01	0,000002	2.10^{-8} (E)

Le seul évènement redouté central pour lequel la probabilité d'atteinte n'est pas de classe E est la chute de glace, 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 ce risque.

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.

9.5 GLOSSAIRE

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

Accident : 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 d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

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

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

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

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

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

Gravité : on distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition d'enjeux de vulnérabilités données à ces effets.

La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés.

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

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

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

- les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux ;
- les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux ;
- les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

- réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité ;
- réduction de l'intensité :
  - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc. ;
  - réduction des dangers : la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation.

  La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source » ;
- réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

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

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

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

Aérogénérateur : dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, une génératrice, un rotor constitué d'un moyeu et de pales, ainsi que, le cas échéant un transformateur.

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

Enfin, quelques sigles utiles employés dans la présente étude sont listés et explicités ci-dessous :

- **ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement.
- **SER** : Syndicat des Énergies Renouvelables.
- **FEE** : France Énergie Éolienne (branche éolienne du SER).
- **INERIS** : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS.
- **EDD** : Étude de dangers.
- **APR** : Analyse Préliminaire des Risques.
- **ERP** : Établissement Recevant du Public.

9.6 BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

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

[2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006.

[3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum.

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

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

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

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

[8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005.

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

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

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

[12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne.

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

[14] Alpine test site 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.

9.7 TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation générale du projet 10
Carte 2 : Zone d'étude des dangers 15
Carte 3 : Situation de l'habitat vis-vis des éoliennes et de la zone d'étude des dangers 16
Carte 4 : Autres activités recensées sur l'emprise de la zone d'étude des dangers 18
Carte 5 : Les risques de mouvements de terrains identifiés sur la zone d'études des dangers et à proximité 20
Carte 6 : L'exposition de la zone d'étude des dangers au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux 21
Carte 7 : Situation de la zone d'étude des dangers vis-à-vis du risque de remontée de nappe 23
Carte 8 : Les voies carrossables identifiées sur le périmètre de la zone d'étude des dangers 24
Carte 9 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E1 26
Carte 10 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E2 26
Carte 11 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E3 27
Carte 12 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E4 27
Carte 13 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E5 28
Carte 14 : Les équipements du projet de parc éolien de Frôlois 35
Carte 15 : Synthèse des risques de l'éolienne E1 77
Carte 16 : Synthèse des risques de l'éolienne E2 77
Carte 17 : Synthèse des risques de l'éolienne E3 78
Carte 18 : Synthèse des risques de l'éolienne E4 78
Carte 19 : Synthèse des risques de l'éolienne E5 79

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Le principe de l'étude de dangers (Source : Aelys Environnement) 9
Illustration 2 : Principe de fonctionnement d'un parc éolien (Source : Aelys Environnement) 9
Illustration 3 : Processus réglementaire justifiant la réalisation d'une étude de dangers (Source : Aelys Environnement) 11
Illustration 4 : Rose des vents du site – Vitesse standardisée (Source : ABO Energy) 19
Illustration 5 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (Source : Aelys Environnement) 31
Illustration 6 : Le raccordement électrique d'un parc éolien 32
Illustration 7 : Emprises au sol d'une éolienne en phase d'exploitation (Source : Aelys Environnement) 33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Références administratives du porteur de projet 10
Tableau 2 : Personne en charge de la réalisation de l'étude de dangers 12
Tableau 3 : Statistiques de températures de la station de Saint-Martin-du-Mont (Source : Météo-France) 18
Tableau 4 : Statistiques de précipitations de la station de Saint-Martin-du-Mont (Source : Météo-France) 19
Tableau 5 : Nombre de personnes exposées par enjeu identifié 25
Tableau 6 : Les enjeux et facteurs de risques identifiées 25
Tableau 7 : Coordonnées des équipements du projet de parc éolien à l'étude 34
Tableau 8 : Caractéristiques de l'installation étudiée 34
Tableau 9 : Les dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation 43
Tableau 10 : Agresseurs externes liés aux activités humaines 55
Tableau 11 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels 56
Tableau 12 : Analyse générique des risques 57
Tableau 13 : Critères d'intensité retenus pour l'étude détaillée des risques 67
Tableau 14 : Détermination du niveau de gravité d'un accident en fonction du degré d'exposition de la zone d'effet et du nombre de personnes permanentes relevé 67
Tableau 15 : Classes de probabilités retenues 68
Tableau 16 : Matrice de criticité utilisée pour déterminer l'acceptabilité des risques 68
Tableau 17 : Nombre de personnes exposées par enjeu identifié 69
Tableau 18 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène d'effondrement d'éolienne 69
Tableau 19 : Niveau de gravité du phénomène d'effondrement pour chaque éolienne 70
Tableau 20 : Probabilité d'effondrement d'une éolienne selon la littérature 70
Tableau 21 : Évaluation de l'acceptabilité du risque d'effondrement d'éolienne 70
Tableau 22 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène de chute de glace 71
Tableau 23 : Niveau de gravité du phénomène de chute de glace pour chaque éolienne 71
Tableau 24 : Évaluation de l'acceptabilité du risque de chute de glace 71
Tableau 25 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène de chute d'éléments 72
Tableau 26 : Niveau de gravité du phénomène de chute d'éléments pour chaque éolienne 72
Tableau 27 : Évaluation de l'acceptabilité du risque de chute d'éléments 73
Tableau 28 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène de projection de pale ou de fragments de pale 73
Tableau 29 : Niveau de gravité du phénomène de projection de pale ou de fragments de pale pour chaque éolienne 73
Tableau 30 : Probabilité de rupture de pale selon la littérature 74
Tableau 31 : Évaluation de l'acceptabilité du risque de projection de pale ou de fragments de pale 74
Tableau 32 : Degré d'exposition de la zone d'effet au phénomène de projection de glace 74
Tableau 33 : Niveau de gravité du phénomène de projection de glace pour chaque éolienne 75
Tableau 34 : Évaluation de l'acceptabilité du risque de projection glace 75
Tableau 35 : Synthèse des scénarios accidentels étudiés dans l'analyse détaillée des risques 76
Tableau 36 : Matrice de criticité des phénomènes accidentels liés au projet 76
Tableau 37 : Inventaire de l'accidentologie des parcs éoliens en France (novembre 2000 – janvier 2026) 86
Tableau 38 : Probabilité d'atteinte d'une personne 104

Projet de parc éolien de Frôlois

Commune : Frôlois (21)

Porteur du projet :

SAS CPENR de Frôlois

Responsable du projet :

Madame Caroline WOLFF



DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

PROJET DE PARC ÉOLIEN DE FRÔLOIS
Commune de Frôlois (21)

Pièce n°3a : Résumé non technique de l'étude de dangers
(PJ n°49)

Maître d'ouvrage : SAS CPENR de Frôlois

ABO ENERGY

Réalisation :
Aelys Environnement

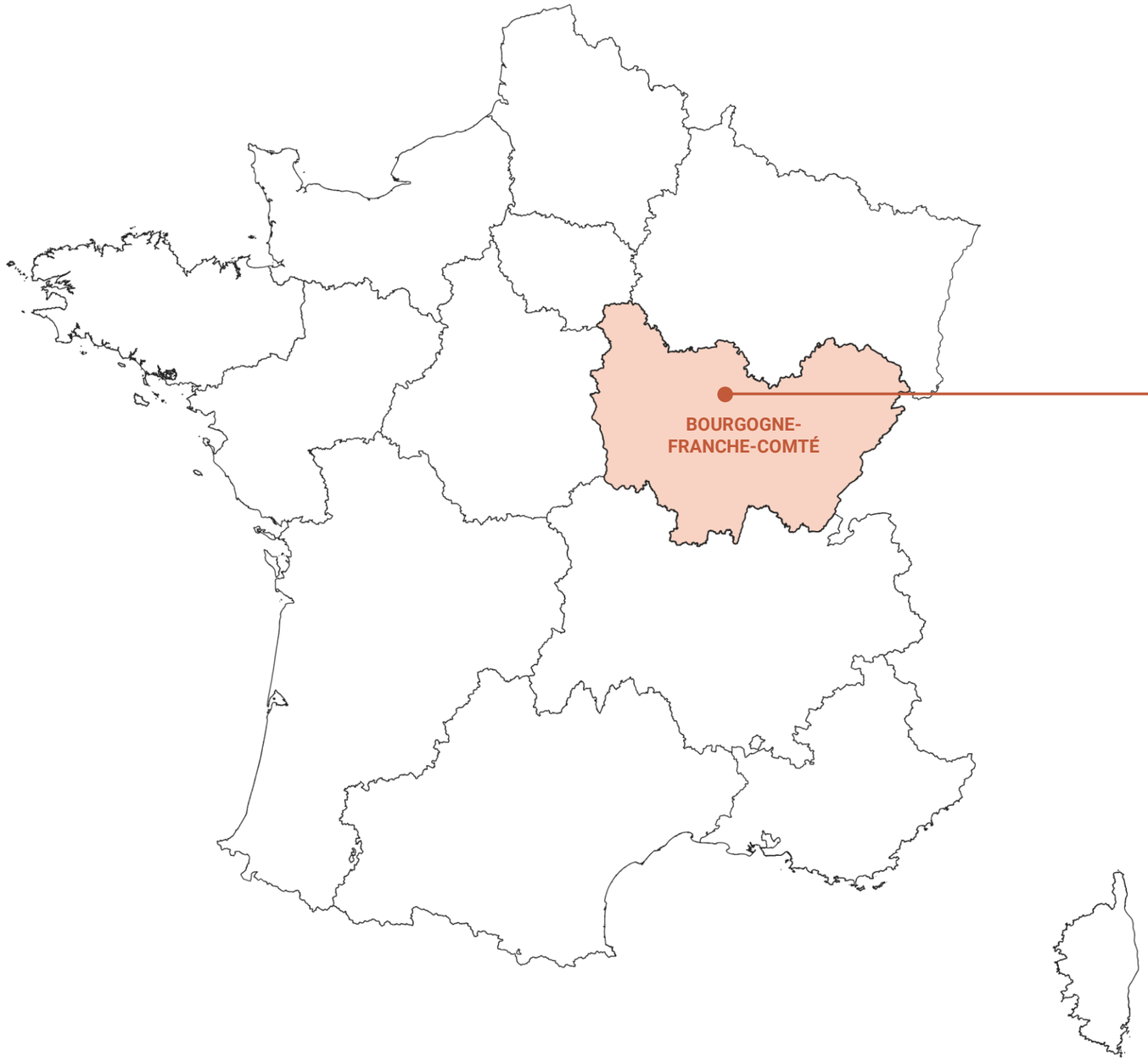
Aelys Environnement

Date d'édition (VF) :
Le 20 avril 2026

L’article L.181-25 du Code de l’environnement précise que les Dossiers de Demande d’Autorisation Environnementale d’Installations Classées pour la Protection de l’Environnement doivent comporter « *une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation* ».

Cette étude de dangers comporte notamment « *un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.* » (D.181-15-2 du Code de l’environnement).

Note : Au cours du premier semestre 2024, la société ABO Wind AG et ses différentes filiales, notamment la filiale française ABO Wind SARL, ont changé de nom : le terme "ABO Wind" a été remplacé par "ABO Energy" afin d'exprimer plus clairement la diversité des compétences de l'entreprise. Si ces modifications ont été prises en compte dans la plupart des textes du présent dossier, certains documents et illustrations n'ont pas été corrigés en raison de l'impossibilité de les rectifier ou du temps nécessaire à leur reprise (documents officiels réalisés avant le changement de nom, cartes, schémas, tableaux, etc.). Ainsi, si la mention "ABO Wind" apparaît dans certaines parties du dossier, elle fait référence à "ABO Energy".



Projet de parc éolien de Frôlois

Département : Côte-d'Or (21)
Commune : Frôlois

Maître d'ouvrage : SAS CPENR de Frôlois
Chef de projet : Mme. Caroline WOLFF
Courriel : caroline.wolff@aboenergy.com

Bureau d'études : Aelys environnement
Responsable : M. François KINDLER
Courriel : f.kindler@aelys-environnement.fr

Sommaire

1 Contexte général 5
1.1 Contexte et objectif du rapport 5
1.2 Réalisation 5
1.3 L'installation et son maitre d'ouvrage 5
2 Principes méthodologiques 6
3 Principales analyses et résultats de l'étude de dangers 6
3.1 L'environnement de l'installation : enjeux à protéger et agresseurs potentiels 6
3.2 Le projet et les dangers potentiels associés 10
3.3 Analyse de l'accidentologie française 13
3.4 Analyse préliminaire des risques 14
3.5 Les scénarios d'accidents majeurs retenus 15
3.6 Analyse détaillée des risques et évaluation de leur acceptabilité 15
4 Conclusion 20

1 CONTEXTE GÉNÉRAL

1.1 Contexte et objectif du rapport

Le projet de parc éolien de Frôlois est une **"Installation Classée pour la Protection de l'Environnement"** (ICPE). Ce classement s'applique aux installations qui, par leurs caractéristiques ou les procédés qu'elles mettent en œuvre, peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit :

- pour la commodité du voisinage ;
- pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques ;
- pour l'agriculture ;
- pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages ;
- pour l'utilisation économe des sols naturels, agricoles ou forestiers ;
- pour l'utilisation rationnelle de l'énergie ;
- pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.

En tant qu'ICPE, le projet est soumis à l'obtention d'une autorisation administrative de réalisation, l'Autorisation Environnementale, dont la délivrance s'appuie sur l'instruction d'un Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE). **L'étude de dangers** est l'une des pièces constitutives de ce dossier.

L'étude de dangers a pour objectifs de préciser les risques auxquels l'installation peut exposer les intérêts mentionnés ci-dessus en cas d'accident, et de justifier qu'elle permet d'atteindre, dans des conditions économiques raisonnables, un niveau de risque acceptable vis-à-vis de ces intérêts.

Dans le cas des projets de parcs éoliens, l'étude de dangers se concentre sur **l'évaluation et l'acceptabilité des risques de dommages aux personnes** (santé et sécurité publiques), conformément aux dispositions du guide technique encadrant la réalisation de ces rapports (voir détails au chapitre 2, en page suivante).

> ***Le présent document constitue le résumé non technique de l'étude de dangers du projet de parc éolien de Frôlois. Il en reprend les principales informations et conclusions.***

1.2 Réalisation

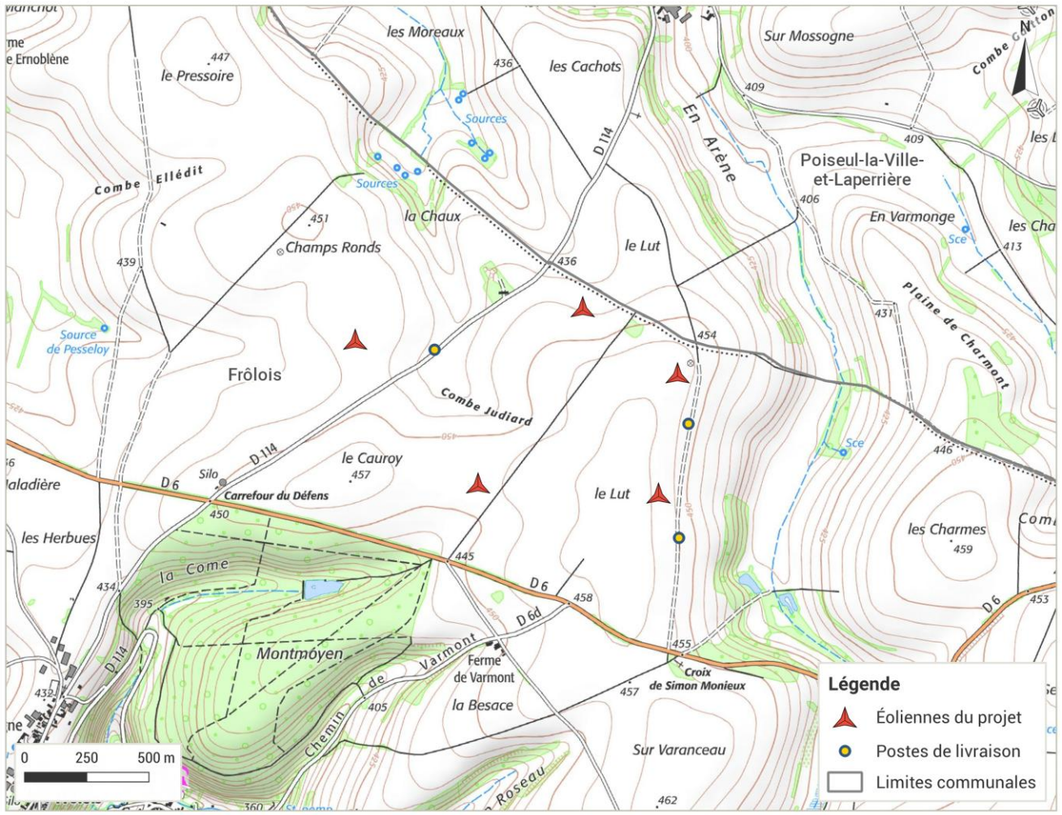
La réalisation de l'étude de dangers du parc éolien de Frôlois et de son résumé non technique a été confiée au bureau d'étude Aelys Environnement, spécialisé dans les études réglementaires de projets de parcs éoliens terrestres.

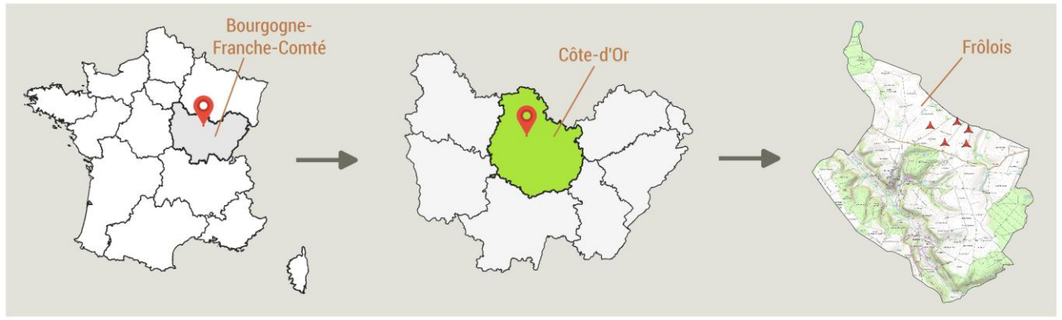
1.3 L'installation et son maitre d'ouvrage

Le projet de parc éolien de Frôlois s'inscrit sur la commune éponyme, Frôlois, au nord du département de la Côte-d'Or (21), en région Bourgogne-Franche-Comté. Il est composé de cinq éoliennes de 210 m de hauteur totale maximale et de trois postes de livraison en charge de transférer l'électricité produite vers le réseau public de distribution.

Le maître d'ouvrage et porteur de la Demande d'Autorisation Environnementale est la société par action simplifiée (SAS) CPENR de Frôlois, détenue à 100 % par ABO Energy KGaA (maison mère située en Allemagne) et gérée par sa filiale française ABO Energy France.

Localisation de l'installation
Projet de parc éolien de Frôlois (21)





Réalisation : Aelys Environnement, février 2026
Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 1 : Localisation générale du projet

2 PRINCIPES MÉTHODOLOGIQUES

La méthodologie appliquée pour la réalisation de l'étude de dangers s'appuie sur le guide technique « Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » publié en mai 2012 et validé par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS).

La démarche d'analyse des risques mise en œuvre par ce document est la suivante :

- identifier le périmètre maximal au sein duquel un accident survenant sur l'installation peut avoir des incidences sur la santé humaine ;
- dans ce périmètre :
  - recenser les occupations du sol et les activités engendrant une présence humaine, ceci afin de déterminer le nombre de personnes exposées à un risque en cas d'accident ;
  - rechercher les facteurs de risque pouvant causer un accident sur l'installation (= agresseurs potentiels) ;
- connaître les caractéristiques techniques du parc éolien, son organisation et son fonctionnement afin de mettre en évidence les éléments et procédés pouvant constituer un danger pour les personnes ;
- dresser un état des lieux exhaustif des différents incidents et accidents survenus sur les parcs éoliens en exploitation, de manière à identifier les scénarios les plus rencontrés et susceptibles de concerner l'installation à l'étude ;
- définir les scénarios d'accidents majeurs, c'est-à-dire ceux dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur les personnes. Ce processus est appelé "analyse préliminaire des risques" ;
- caractériser les scénarios majeurs retenus sur la base d'un ensemble de paramètres (probabilité d'apparition, vitesse, intensité, nombre de personnes exposées) afin de déterminer si les mesures de sécurité mises en place permettent l'atteinte d'un niveau de risque acceptable. Dans le cas contraire, des mesures supplémentaires sont définies et une nouvelle évaluation de l'acceptabilité des risques est réalisée. Cette étape finale de l'étude de dangers est l'analyse détaillée des risques.

3 PRINCIPALES ANALYSES ET RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DE DANGERS

3.1 L'environnement de l'installation : enjeux à protéger et agresseurs potentiels

Dans le cadre des études de dangers de parcs éoliens, il est considéré que la zone maximale susceptible de subir des effets en cas d'accident survenant sur l'installation correspond à un rayon de 500 m autour des mâts de chaque éolienne. C'est donc dans ce périmètre que le recensement des occupations du sol et activités engendrant une présence humaine est effectué (enjeux à protéger) et que les facteurs de risque pouvant causer un accident sur les aérogénérateurs sont recherchés (agresseurs potentiels).

La carte suivante permet de visualiser le territoire d'analyse. Chaque éolienne est associée à une "aire d'étude des dangers" (disque de 500 m de rayon). L'ensemble de ces surfaces forme la "zone d'étude des dangers".

Zone d'étude des dangers
Projet de parc éolien de Frôlois



Carte 2 : Zone d'étude des dangers

Selon l'étude réalisée, **la zone d'étude des dangers est concernée par les activités et occupations du sol suivantes** :

- une majorité de parcelles agricoles (cultures) ;
- quelques boisements ;
- trois routes au trafic limité (< 2 000 véhicules/jour) : la D 114, évoluant à l'est de E3 (recul de 215 m) et à l'ouest de E1 (recul de 210 m), ainsi que la D 6 et une route locale passant toutes deux au sud de E4, à respectivement 335 m et 340 m au plus près ;
- des chemins d'exploitation agricole (sentiers de terre) ;
- une ancienne décharge communale en bordure de la D 114 (site abandonné).

Le tableau suivant précise le nombre de personnes permanentes estimé sur chacune de ces occupations du sol. Les valeurs présentées s'appuient sur la méthodologie de comptage proposée par le guide technique d'élaboration des études de dangers de parcs éoliens terrestres ainsi que sur certaines données de fréquentation collectées par le bureau d'études Aelys Environnement.

Tableau 1 : Nombre de personnes exposées par enjeu identifié

Enjeu (ou "intérêt à protéger")	Classement selon la méthode de comptage	Nombre de personnes permanentes exposées
Parcelles agricoles	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 ha
Parcelles boisées	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1 personne/100 ha
Ancienne décharge communale	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 ha
Voies de circulations non structurantes (trafic < 2 000 véhicules/jour – D 114, D 6 et route locale sud), chemins d'exploitation agricole, sentiers forestiers, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1 personne/10 ha

Les enjeux recensés au sein des aires d'étude des dangers de chaque éolienne sont représentés sur les cartes suivantes (une carte par aire d'étude). Le nombre de personnes exposées est également renseigné pour chacun d'entre eux.

Concernant les agresseurs potentiels, sont retenus :

- les températures négatives, pouvant être à l'origine de la formation de glace sur les rotors des éoliennes ;
- la pluie et la grêle (infiltration, corrosion, dégâts liés aux impacts) ;
- le brouillard, susceptible de réduire la visibilité des aérogénérateurs, induisant un risque de collision de véhicules ;
- les vents forts, pouvant fragiliser le rotor et entraîner une casse ;
- les mouvements de terrain liés à un risque potentiel d'affaissement/effondrement de cavités souterraines. De tels phénomènes pourraient causer une déstabilisation des aérogénérateurs ;
- le retrait-gonflement des sols argileux, potentiellement présent à l'emplacement de l'éolienne E1 (zone d'exposition moyenne) ;
- la foudre ;
- les tempêtes, dont les effets potentiels sont similaires aux précipitations et aux vents forts.



Carte 3 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E1

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E2

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 4 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E2

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E3

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éolienne

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- D 114
- Chemin d'exploitation (sentier de terre)

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 5 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E3

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E4

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éolienne

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- D 6
- Route locale
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Sentier forestier

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 6 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E4

Les intérêts à protéger autour de l'éolienne E5

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes

Aire d'étude
- Aire d'étude des dangers (rayon de 500 m)

Enjeux
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 7 : Les enjeux identifiés dans l'aire d'étude des dangers d'E5

3.2 Le projet et les dangers potentiels associés

3.2.1 Présentation de l'installation

Le projet de parc éolien de Frôlois est équipé de cinq éoliennes et trois postes de livraison.

La structure des éoliennes répond à trois impératifs :

- capter l'énergie du vent : cette tâche est remplie par le rotor, hélice à trois pales réunies au niveau d'un moyeu central ;
- transformer l'énergie emmagasinée par le rotor en électricité, opération réalisée par un ensemble d'équipements présents à l'intérieur de la nacelle, compartiment situé à l'arrière du moyeu ;
- aller chercher la ressource là où elle est la plus disponible à l'aide d'un mât qui va assurer un positionnement du rotor à hauteur des vents les plus forts et les plus réguliers.

L'ensemble est supporté par une fondation enterrée en béton armé.

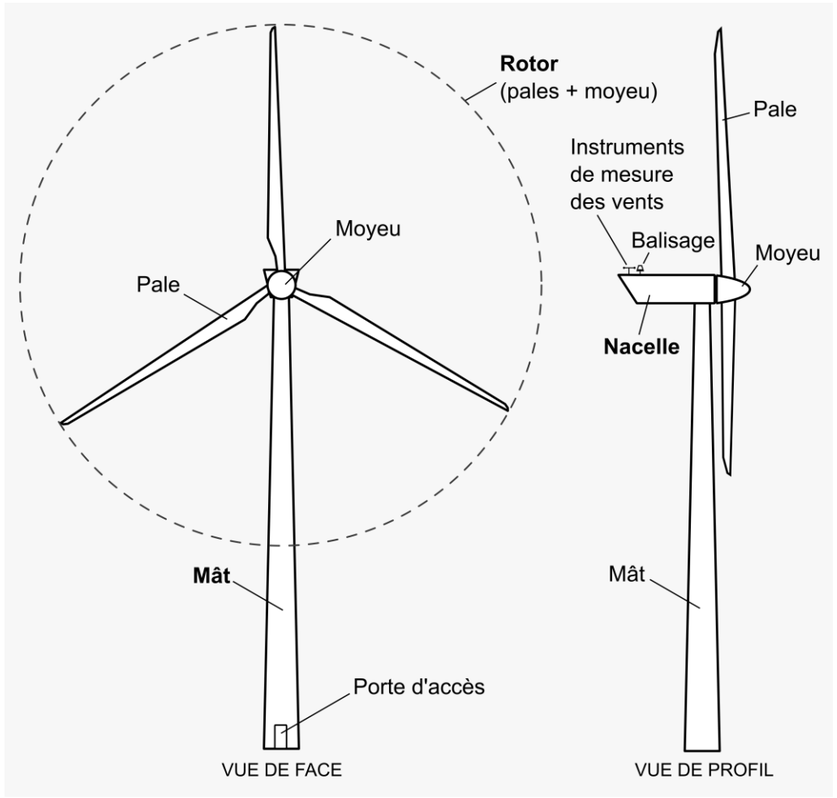


Illustration 1 : Structure d'une éolienne (source : Aelys Environnement)

Sur le plan fonctionnel, la production d'électricité se fait selon le principe suivant : sous l'action du vent, le rotor va se mettre à tourner. Ce mouvement va entrainer un axe tubulaire horizontal situé à l'arrière du moyeu, l'arbre de transmission, qui va à son tour entraîner une génératrice électrique (composants logés à l'intérieur de la nacelle).

L'électricité produite par la génératrice est régulée et mise aux normes (adaptation aux critères du réseau public de distribution) à l'aide d'un convertisseur et d'un transformateur présents dans l'éolienne. Elle est ensuite évacuée des aérogénérateurs *via* un réseau de câbles enterrés et dirigée vers les trois postes de livraison. Ces locaux collectent l'électricité produite et l'envoient vers le réseau public de distribution (transfert vers un poste source).

Des aménagements équipent l'installation : une plateforme de grutage est présente au pied de chaque éolienne. Ces aires servent en premier lieu à l'assemblage des aérogénérateurs lors de la phase de construction (surfaces planes et renforcées permettant le positionnement et le support des grues de levage des composants de l'éolienne). Elles sont conservées en phase d'exploitation afin de faciliter d'éventuelles interventions d'ampleur nécessitant de nouveau l'usage de grues et/ou le stockage de composants volumineux. Des accès sont également créés et renforcés afin de permettre l'accessibilité au site, tant pour les phases de travaux (construction et démantèlement), que d'exploitation du parc éolien.

Le tableau suivant précise les principales caractéristiques de l'installation. Il est à noter qu'à ce stade de développement, le modèle d'éolienne qui équipera le parc n'est pas connu. Les aérogénérateurs sont donc présentés sous la forme d'un gabarit machine défini sur la base des critères techniques et dimensionnels des modèles actuellement disponibles et adaptés au site d'implantation. Les dimensions affichées pourront donc être légèrement différentes de celles du modèle finalement retenu, sans pour autant qu'il n'y ait de variations significatives. **Certaines dimensions correspondront par ailleurs à des valeurs seuils qui ne seront pas dépassées, il s'agit : de la hauteur en bout de pale, du diamètre du rotor et de la hauteur du moyeu**.

Tableau 2 : Caractéristiques de l'installation

Éléments de l'installation		Fonction	Caractéristiques
Éoliennes	Rotor	Capter l'énergie cinétique du vent et la convertir en énergie mécanique	Diamètre : 165 m Longueur d'une pale : 81 m Largeur maximale de la pale (corde) : 4,5 m Hauteur de moyeu : 127,5 m
	Nacelle	Supporter le rotor Transférer l'énergie de rotation du rotor à la génératrice (système de transmission) Produire de l'électricité (génératrice) Assurer la mise aux normes de l'électricité produite pour l'injection sur le réseau (convertisseur et transformateur (présents dans le mât selon modèle)) Abriter les dispositifs de contrôle et de sécurité de l'éolienne (frein mécanique, balisage, outils de mesure des vents, etc.)	Système de transmission : entraînement direct ou par multiplicateur (selon modèle) Transformateur : type sec (sans huile) Balisage lumineux de jour (Type A à éclats blanc, visibles à 360°) et de nuit (Type B à éclats rouges, visibles à 360°)
	Mât	Supporter la nacelle et le rotor Supporter le balisage complémentaire (éoliennes de grande hauteur)	Type de mât : acier Hauteur : 125 m Diamètre de la base du mât : 5,8 m Balisage lumineux de jour et de nuit (Type B fixe, rouge, visibles à 360°)
Fondations		Ancrer et stabiliser l'éolienne au sol	Diamètre : 20 à 30 m
Postes de livraison		Collecter l'électricité produite par les éoliennes Interface entre les aérogénérateurs et le poste source local	Hauteur hors sol : 2,76 m Emprise au sol : 24,7 m²
Plateformes		Assurer la mise en place et le travail de la grue lors des travaux d'assemblage/désassemblage des éoliennes Permettre une intervention rapide en cas d'opération d'ampleur en phase d'exploitation	Surface unitaire moyenne : 2 690 m²

Éléments de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Chemins d'accès	Assurer le déplacement des engins de chantier (phases travaux) et des véhicules de maintenance (phase exploitation)	Linéaire total de pistes créées : 130 m Emprise totale des pistes et virages créés : 2 660 m² Linéaire de chemin existants réaménagés : 2 875 m
Réseau interne	Transporter l'électricité produite par les éoliennes vers les postes de livraison Communiquer avec les équipements du parc éolien	Linéaire cumulé de tranchées : 2 035 m Profondeur d'enfouissement : 0,85 m Tension électrique : 20 000 V

Les équipements du projet - Vue d'ensemble

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet

Éoliennes (production électrique)
- Mâts
- Survols des rotors
- Fondations enterrées

Transfert et prise en charge de l'électricité
- Raccordement souterrain
- Postes de livraison

Voirie
- Pistes et virages créés
- Chemins existants renforcés et/ou élargis
- Routes revetues existantes à renforcer si nécessaire

Aménagements annexes
- Plateformes des éoliennes

Limites administratives
- Limites communales

Réalisation : Aelys Environnement, janvier 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 8 : Les équipements du projet de parc éolien de Frôlois

3.2.2 Les potentiels de danger du parc éolien

L'installation peut constituer un danger potentiel au travers :

- des produits qu'elle contient, en particulier les huiles et graisses nécessaires à la lubrification des pièces en mouvement des éoliennes, les huiles hydrauliques et les liquides de refroidissement (eau glycolée et/ou huile), indispensables à la régulation thermique des équipements des aérogénérateurs. Ces substances peuvent participer à la propagation d'un incendie (matières combustibles) ou causer une pollution de nappe exploitée pour l'eau potable en cas de déversement accidentel et d'infiltration en profondeur ;
- des éléments qui la composent et de son fonctionnement. Cinq types de dangers potentiels sont identifiés :
  - la chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
  - la projection d'éléments du rotor en mouvement (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
  - l'effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
  - l'échauffement de pièces mécaniques ;
  - les courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

3.3 Analyse de l'accidentologie française

L'analyse de l'accidentologie française, regroupant les accidents survenus sur les installations éoliennes du pays entre 2000 et début 2026, recense un total de 158 incidents. Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont :

- les ruptures de pale (38,0 %), menant à la chute et/ou à la projection d'éléments. Les principales causes connues sont les défauts matériels ou de conception. Une part notable d'évènements dont la cause demeure inconnue est également recensée ;
- les incendies (22,2 %), dont la principale cause est le dysfonctionnement électrique. Les incendies peuvent entraîner la chute et/ou la projection d'éléments incandescents susceptibles d'embraser la végétation environnante. Ils peuvent également être à l'origine de suraccidents tels que la chute de pale ou encore le déversement des huiles contenues dans les équipements calcinés ;
- les pertes d'huile (15,2 %), généralement liées à la rupture d'un composant (flexible, etc.) ou à des erreurs de maintenance (mauvais serrage d'un composant par exemple) ;
- les chutes de pales (8,9 %), le plus souvent associées à un défaut matériel ou de conception entrainant le détachement de la pale au niveau de sa jonction avec le moyeu ;
- les chutes d'éléments hors pales (7,0 %), le plus souvent tombés de la nacelle. Le défaut de matériel ou de conception en est la cause la plus fréquente bien que plusieurs évènements non expliqués soient identifiés ;
- les effondrements d'éoliennes (7,0 %), causés le plus souvent par des tempêtes et vents violents. Leur origine est fréquemment associée à la formation d'un balourd sur le rotor (rupture d'une ou de plusieurs pales), créant un déséquilibre de l'aérogénérateur puis une pliure ou une cassure du mât ;
- les chutes de rotor complet (1,3 %), toujours provoquées par une désolidarisation de l'arbre de transmission ;
- la projection de morceaux de glace (0,6 %) dont le seul évènement recensé est dû à la défaillance du système de détection/déduction de la formation de glace qui équipait les pales.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières. 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.

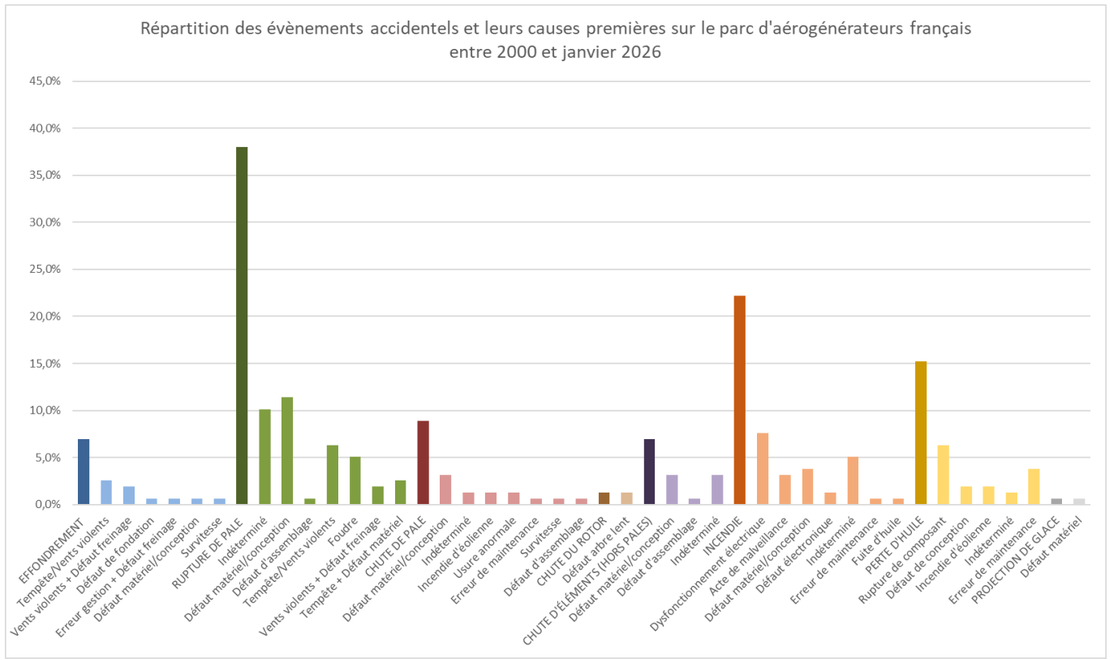


Figure 1 : Histogramme de l'accidentologie française entre 2000 et début 2026

En matière d'évolution, le nombre d'accidents n'a pas augmenté proportionnellement à l'accroissement du parc éolien national (cf. graphe suivant). Sur la période 2005-2024, durant laquelle l'énergie éolienne installée est passée de 873 MW à 23 458 MW, la dynamique d'évolution du nombre d'accidents annuels s'avère être nettement moins marquée et linéaire que celle de la puissance éolienne installée.

Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français composé de technologies de plus en plus récentes et fiables, ainsi que par des dispositifs de sécurité toujours plus performants et des protocoles de surveillance et de maintenance améliorés en permanence.

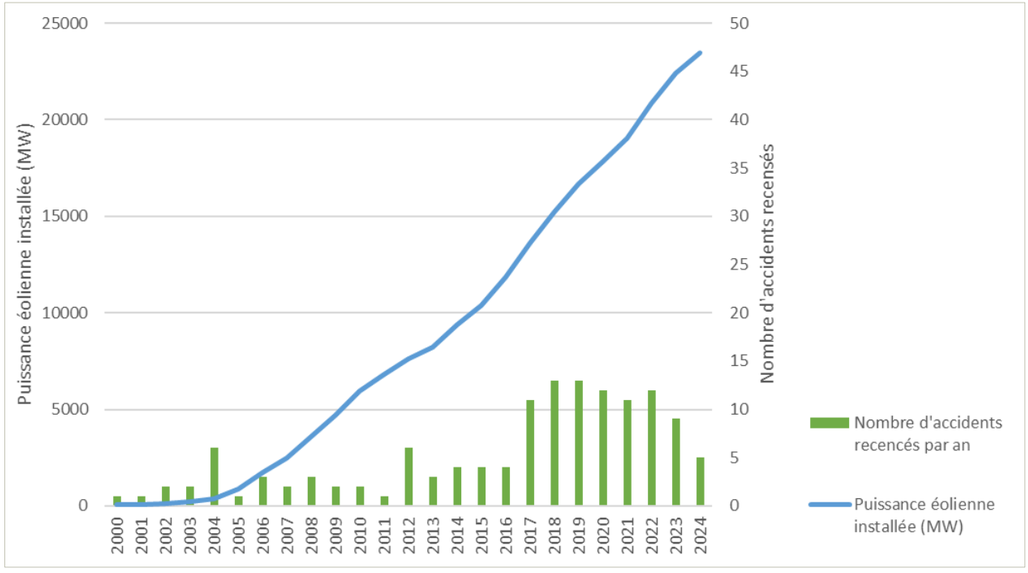


Figure 2 : Évolution du nombre d'accidents recensés entre 2000 et 2021 en fonction de la puissance éolienne installée

3.4 Analyse préliminaire des risques

Sur la base des agresseurs potentiels identifiés, des potentiels de dangers du parc éolien, du retour d'expérience de l'accidentologie et des caractéristiques du projet, l'analyse préliminaire des risques définit l'ensemble des scénarios d'accidents susceptibles de concerner l'installation et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Ces scénarios sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences afin de « filtrer » les évènements qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

Dans le cas du projet à l'étude, six scénarios accidentels représentant un danger pour les personnes sont identifiés. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Les phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur l'installation et représentant un risque pour les personnes

Phénomène dangereux	Cause(s)
Impact de glace lié à une chute ou une projection	Dépôt de glace sur l'éolienne causé par des conditions climatiques favorables (températures négatives, humidité, vent).
Chute/projection d'éléments enflammés - Propagation de l'incendie	Incendie causé par un court-circuit lié à l'infiltration d'eau/humidité ou à un dysfonctionnement électrique. Échauffement de pièces lié à un incident technique, du matériel défectueux ou un défaut de lubrification. Fuite d'huile causée par une perte de confinement (défaut d'étanchéité).
Incendie d'un poste de livraison - Propagation de l'incendie	Court-circuit consécutif à des conditions climatiques humides ou à l'intrusion de rongeurs.
Pollution de l'environnement (atteinte de nappes d'eau captées pour l'eau potable)	Infiltration d'huile dans le sol liée à un défaut d'étanchéité ou à une erreur de manipulation lors des opérations de maintenance.
Impact d'éléments de l'éolienne par chute ou projection	Défaut de fixation / Entrée en survitesse du rotor (casse matérielle) / Fatigue, usure, corrosion / Serrage inapproprié / Erreur de maintenance.
Effondrement de l'éolienne	Mouvement de sol / Vents forts / Fatigue / Désaxage critique du rotor / Crash d'aéronef.

Les mesures de sécurité destinées à prévenir ces évènements ou à en limiter les conséquences sont présentées ci-après.

Prévention/réduction du risque d'impact de glace (par chute ou projection) :

- Chaque aérogénérateur est équipé d'un système de détection ou de déduction de la formation de glace sur ses pales. En cas d'identification du phénomène, l'éolienne est mise à l'arrêt. Son redémarrage est effectué après disparition des conditions de givre et, selon les cas, après inspection visuelle.
- Des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur et sur les postes de livraison informent du risque de chute de glace depuis le rotor et la nacelle des éoliennes, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

Prévention/réduction d'un incendie d'éolienne ou de poste de livraison et du risque de propagation :

- Les différents équipements sensibles à l'échauffement disposent de capteurs de température. En cas d'atteinte d'un seuil critique défini, une alarme est transmise au centre d'exploitation et l'éolienne est mise à l'arrêt ou son fonctionnement est ralenti jusqu'à refroidissement.
- Les aérogénérateurs sont équipés d'un système de détection d'entrée en survitesse du rotor couplé à un dispositif de freinage s'enclenchant automatiquement en cas de dépassement de seuils de vitesse prédéfinis.
- Les organes et armoires électriques des éoliennes et des postes de livraison sont équipés de dispositifs de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés vis-à-vis des courts-circuits. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et de l'envoi d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.
- Les éoliennes disposent de systèmes de captage de la foudre et de mise à la terre.
- Des détecteurs de fumée permettent d'identifier un départ de feu. Le cas échéant, l'éolienne est mise à l'arrêt et découplée du réseau électrique. De manière concomitante, une alarme incendie est transmise au centre d'exploitation qui transmet l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal. Ces derniers peuvent intervenir sur site grâce à des pistes accessibles en permanence et adaptées au gabarit et à la circulation des véhicules d'intervention. Des extincteurs sont également présents dans chaque éolienne et peuvent être utilisés par le personnel en intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).
- Les aérogénérateurs disposent de détecteurs de niveaux d'huile couplés à un dispositif d'alerte et de mise à l'arrêt de l'éolienne en cas de fuite identifiée. Le cas échéant, une équipe de maintenance est dépêchée sur place afin de prendre en charge l'incident (réparation, nettoyage de l'ensemble des équipements et zones souillés).

Prévention/réduction du risque de fuite et de pollution d'une nappe d'eau utilisée pour la consommation humaine :

- La mesure précitée (détecteurs de niveaux d'huile couplés à un dispositif d'alerte) permet de réduire l'ampleur des fuites et de prévenir ainsi une atteinte des nappes d'eau souterraines. Les opérations de vidange effectuées dans le cadre de la maintenance des turbines font l'objet de procédures spécifiques visant à réduire au maximum le risque de déversement accidentel. En cas de pollution avérée des milieux, les équipes mobilisées disposent de kits anti-pollution (boudins de contention des pollutions, feuilles absorbantes, matériel de collecte des déchets). Si ces kits sont insuffisants, une société spécialisée est appelée afin de récupérer et de traiter les terres/graviers souillés, évitant ainsi une propagation des pollutions en profondeur.

Prévention/réduction du risque d'impact d'éléments de l'éolienne (par chute ou projection) :

- Des contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage des éoliennes (brides, couples de serrage, etc.) sont effectués selon des protocoles définis et éprouvés.
- Les différents composants des éoliennes sont conçus suivant des normes internationales destinées à fournir « *un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie* » de l'aérogénérateur.
- Les procédures de maintenance sont assurées par un personnel qualifié et formé. Les opérateurs ont à disposition un manuel précisant dans le détail l'ensemble des opérations à réaliser. Des audits et des inspections visant à s'assurer du respect des bonnes pratiques pendant les interventions sont réalisés.
- Le système de détection d'entrée en survitesse du rotor et de freinage (voir section relative aux mesures de prévention et de réduction des incendies) permet de réduire notablement le risque de casse du rotor et de projection d'éléments.
- Les éoliennes retenues pour équiper l'installation sont adaptées au site et au régime des vents qui le balayent. Chaque modèle est en effet associé à une "classe de vent" assurant un dimensionnement et des caractéristiques adaptés aux conditions locales et permettant d'éviter une usure prématurée.
- Des anémomètres présents sur le toit des aérogénérateurs permettent d'anticiper les vents forts et les tempêtes. Si des rafales trop importantes ou régulières sont identifiées, la prise au vent des pales est réduite afin de ralentir la course du rotor et de limiter la pression qu'il subit. En cas d'atteinte de seuils de vents prédéfinis, une mise à l'arrêt automatique est déclenchée.
- Afin de prévenir la dégradation des équipements, les données mesurées par les capteurs et les sondes présents dans les éoliennes sont suivies, enregistrées et traitées en continu. Une inspection de l'équipement potentiellement dégradé est réalisée si nécessaire. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Enfin, des contrôles visuels sont systématiquement réalisés lors des opérations de maintenance suivant un protocole établi.

Prévention/réduction du risque d'effondrement d'éolienne :

L'ensemble des mesures mise en place dans le cadre des scénarios de chute ou de projection d'éléments de l'éolienne sont également destinées à limiter le risque d'effondrement.

3.5 Les scénarios d'accidents majeurs retenus

À l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques. **Ne sont retenus que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine**.

Au regard de l'expertise réalisée, cinq catégories de scénarios accidentels majeurs ont été retenues :

- **la projection de tout ou partie de pale ;**
- **l'effondrement de l'éolienne ;**
- **la chute d'éléments de l'éolienne ;**
- **la chute de glace ;**
- **la projection de glace**.

Trois catégories ont été exclues, en raison de leur faible intensité :

- l'incendie d'éolienne : dans le cas d'un incendie de nacelle (majorité des cas rencontrés dans l'accidentologie nationale), les effets thermiques ressentis au sol sont mineurs, en raison de la hauteur de ces équipements. Les effets sont également mineurs pour un incendie de mât compte tenu des mesures de sécurité existantes. Il peut néanmoins être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les scénarios de projections et les chutes d'éléments ;
- l'incendie de poste de livraison : les effets ressentis à l'extérieur de ces bâtiments sont mineurs ou inexistants du fait notamment de leur structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (arrêté du 26 août 2011 modifié) et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200 ;
- l'infiltration d'huile dans le sol avec risque de pollution d'une nappe d'eau utilisée pour la consommation humaine : en cas d'infiltration, les volumes de substances libérées restent mineurs. Par ailleurs, les éoliennes du projet sont implantées en dehors de tout périmètre de protection de captage destiné à l'alimentation en eau potable.

3.6 Analyse détaillée des risques et évaluation de leur acceptabilité

3.6.1 Les critères d'analyse des risques

La caractérisation du risque généré par chacun des scénarios accidentels retenus s'appuie sur la détermination de leur cinétique, de leur intensité, de leur gravité et de leur probabilité d'apparition.

La cinétique :

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Dans le cas d'une cinétique dite "lente", les personnes ont le temps d'être mises à l'abri. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme "rapide".

➔ Dans le cadre du projet à l'étude, **les cinq scénarios accidentels ont une cinétique rapide**.

L'intensité :

L'intensité correspond au degré d'exposition en cas de survenue du phénomène dangereux. Il est défini comme le rapport entre la surface maximale d'un élément chutant ou projeté (= zone d'impact "Zi") et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection (= zone d'effet "Ze"). Selon les scénarios considérés, la zone d'impact correspondra donc à la surface d'une éolienne entière (effondrement), du plus gros élément qui compose le rotor, à savoir une pale (chute et projection d'éléments) ou d'un morceau de glace (chute et projection de glace). La zone d'effet correspondra pour sa part à un disque dont le centre est le mât de l'éolienne. Le rayon de la zone d'effet dépendra de l'évènement considéré :

- longueur d'un demi-rotor pour les phénomènes de chute de glace et d'éléments de l'éolienne ;
- hauteur totale de l'aérogénérateur pour le phénomène d'effondrement ;
- longueur correspondant à la formule "1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)" pour le phénomène de projection de glace ;
- longueur de 500 m (distance conservatoire) pour le phénomène de projection d'éléments de l'éolienne.

Trois niveaux d'exposition/intensité sont définis dans les études de dangers de parcs éoliens : modéré (moins de 1 % d'exposition), fort (entre 1 et 5 % d'exposition), très fort (plus de 5 % d'exposition). Le tableau suivant précise les niveaux d'intensité définis pour chaque scénario retenu.

Tableau 4 : Degré d'exposition attribué aux phénomènes dangereux retenus

Effondrement d'éolienne	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection d'éléments	Projection de glace
Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée	Exposition modérée

La gravité :

La gravité de l'évènement dépend de son intensité et du nombre équivalent de personnes permanentes présentes dans sa zone d'effet (Ze). Le calcul du nombre de personnes permanentes s'appuie sur le recensement réalisé lors de l'identification des enjeux à protéger (cf. chapitre 3.1) et au prorata des emprises concernées. Cinq niveaux de gravité sont envisageables : modéré, sérieux, important, catastrophique et désastreux. Le tableau suivant précise les niveaux de gravité retenus pour chaque scénario accidentel dangereux et pour chaque éolienne.

Tableau 5 : Niveau de gravité retenu pour chaque évènement accidentel et pour chaque éolienne

Effondrement d'éolienne	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection d'éléments	Projection de glace
Gravité modérée pour toutes les éoliennes	Gravité modérée pour toutes les éoliennes	Gravité modérée pour toutes les éoliennes	Gravité modérée pour E2, E3, E4 et E5, et sérieuse pour E1	Gravité modérée pour toutes les éoliennes

La probabilité :

Dans le cadre des études de dangers de 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 : probabilité « A » (évènement courant) si $P > 1x10^{-2}$; probabilité « B » (évènement probable) si $1x10^{-3} < P \leq 1x10^{-2}$; probabilité « C » (évènement improbable) si $1x10^{-4} < P \leq 1x10^{-3}$; probabilité « D » (évènement rare) si $1x10^{-5} < P \leq 1x10^{-4}$; probabilité « E » (évènement extrêmement rare) si P ≤ 1x10-5. Il convient de noter que la probabilité 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).

Le tableau suivant précise la classe de probabilité retenue pour chaque scénario accidentel dangereux.

Tableau 6 : Classe de probabilité attribuée à chaque évènement accidentel

Effondrement d'éolienne	Chute de glace	Chute d'éléments	Projection d'éléments	Projection de glace
D (rare)	A (courant)	C (improbable)	C (improbable)	B (probable)

Le tableau ci-après rappelle, pour chaque événement redouté retenu, les valeurs attribuées aux différents critères d'analyse des risques

Tableau 7 : Synthèse des scénarios accidentels étudiés dans l'analyse détaillée des risques

Scénario	Zone d'effet – Disque de rayon égal à …	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement d'éolienne	…la hauteur totale de l'éolienne (210 m)	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute de glace	…un demi-rotor (82,5 m - zone de survol)	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments	…un demi-rotor (82,5 m - zone de survol)	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour toutes les éoliennes
Projection d'éléments du rotor	…500 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour E2, E3, E4, E5 Sérieuse pour E1
Projection de glace	…la formule 1,5 x ($D+H_{Moy}$), soit 438,75 m	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée pour toutes les éoliennes

3.6.2 L'acceptabilité des risques

Une fois la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité du scénario accidentel déterminées, **l'étape finale de l'étude détaillée des risques consiste à déterminer si le risque qu'il représente est acceptable ou non**.

Pour ce faire, le guide d'élaboration des études de dangers des parcs éoliens propose l'utilisation d'une **matrice de criticité** (cf. ci-dessous) adaptée de l'arrêté du 29 septembre 2005 et reprise dans la circulaire du 10 mai 2010.

Le caractère « Acceptable » ou « Non acceptable » des risques générés par chaque éolienne, pour chacun des scénarios considérés, est déterminé par le croisement du niveau de gravité et de la classe de probabilité du phénomène accidentel.

Tableau 8 : Matrice de criticité des phénomènes accidentels liés au projet

Niveau de gravité	Classe de probabilité du phénomène accidentel				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux			Projection d'éléments (E1)		
Modéré		Effondrement d'éolienne	Chute d'éléments - Projection d'éléments (E2, E3, E4, E5)	Projection de glace	Chute de glace

Légende :

: niveau de risque très faible → **Acceptable**

: niveau de risque faible → **Acceptable**

: niveau de risque important → **Non acceptable**

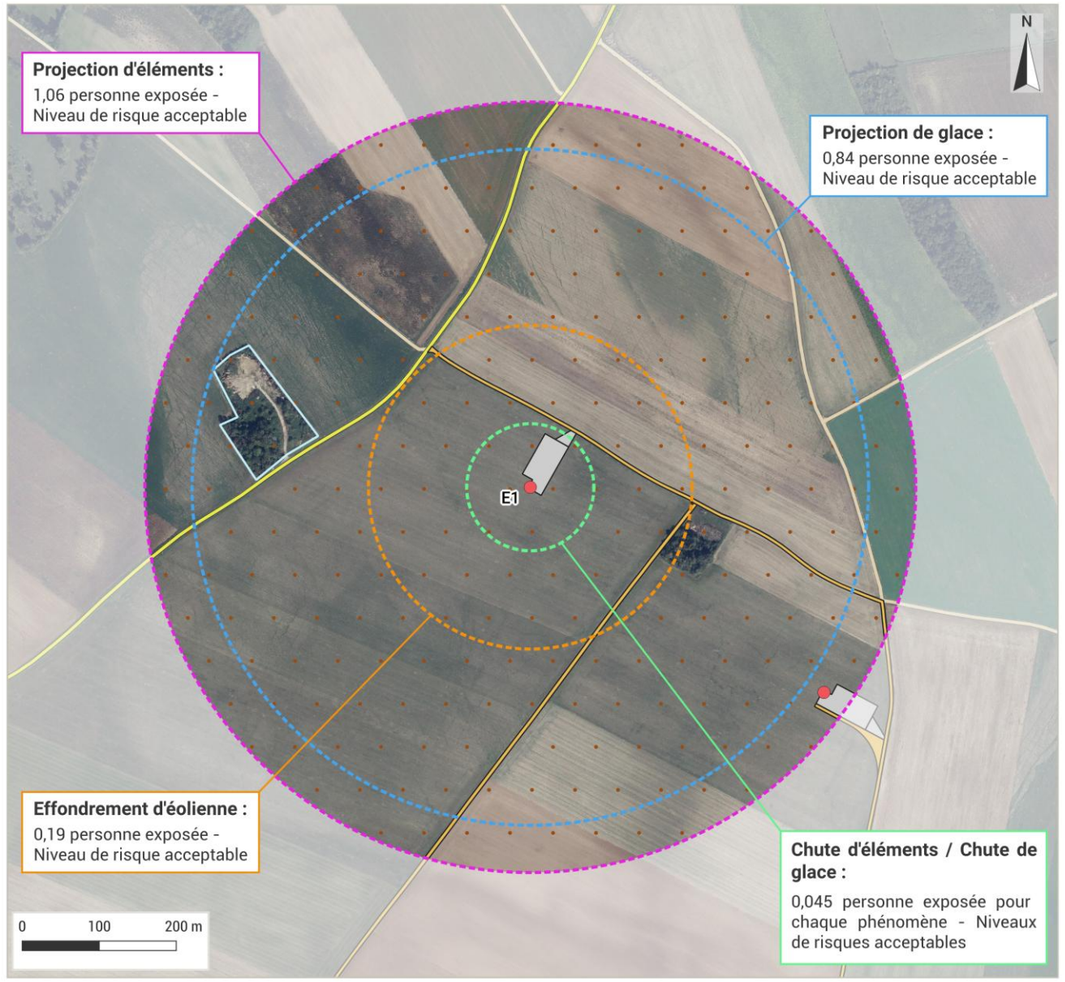
Il apparaît, au regard de la matrice de criticité ainsi complétée, que les cinq scénarios d'accidents majeurs retenus présentent un niveau de risque acceptable (cases vertes et jaunes du tableau).

3.6.3 Cartographie des risques

Est présentée en pages suivantes, pour chaque éolienne, une carte de synthèse faisant apparaître :

- les enjeux étudiés dans l'analyse détaillée des risques ;
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans leurs zones d'effet ;
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.

Synthèse des risques de l'éolienne E1
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- D 114
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Ancienne décharge (site abandonné)
- Parcelles agricoles et boisées

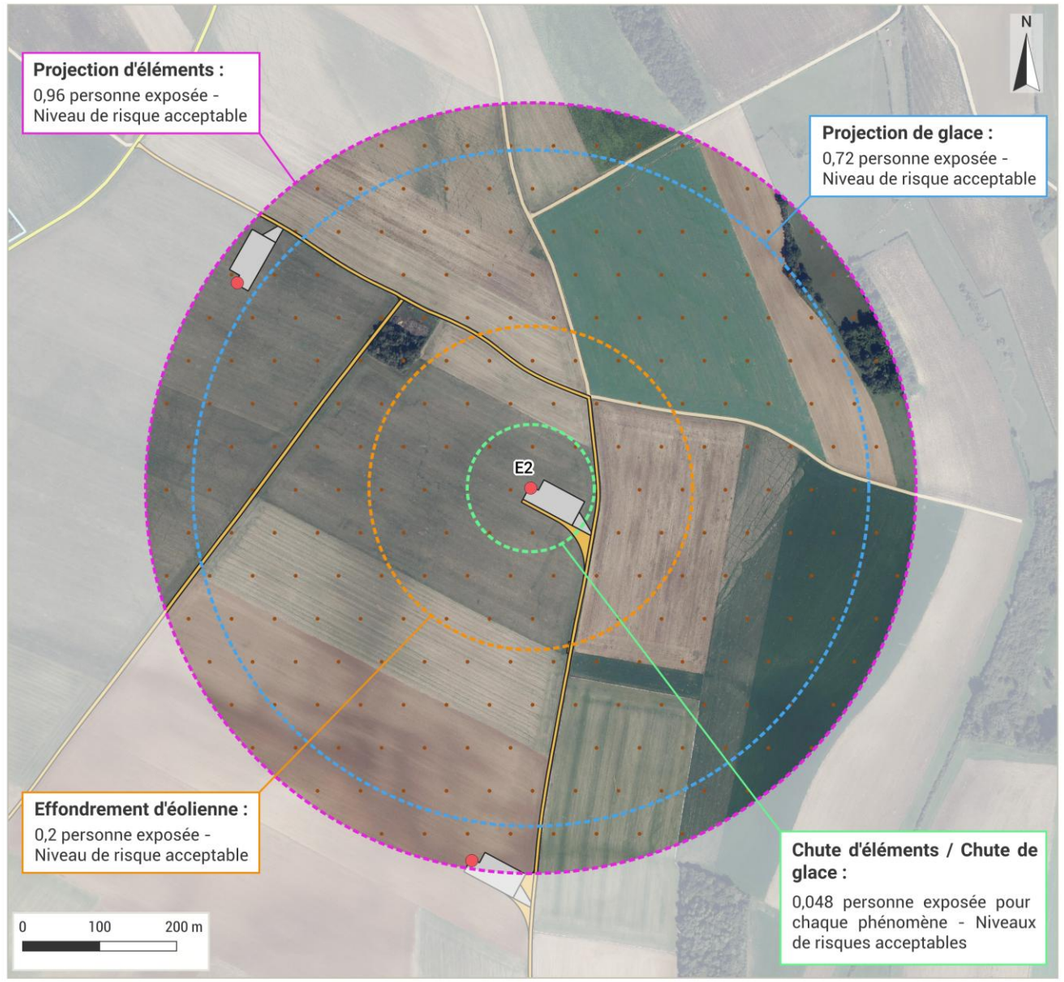
Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : CD 21, IGN, ABO Energy

Carte 9 : Synthèse des risques de l'éolienne E1

Synthèse des risques de l'éolienne E2
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Parcelles agricoles et boisées

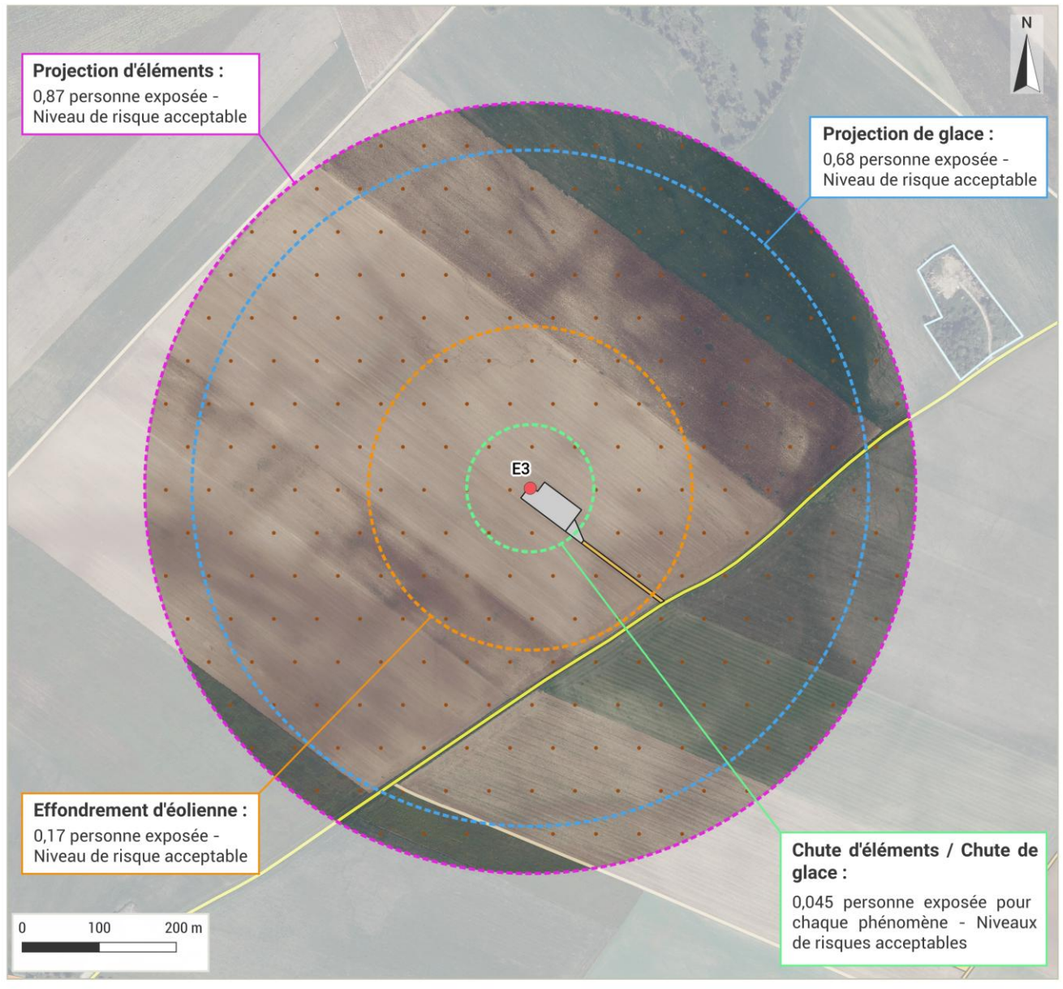
Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 10 : Synthèse des risques de l'éolienne E2

Synthèse des risques de l'éolienne E3
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- D 114
- Parcelles agricoles

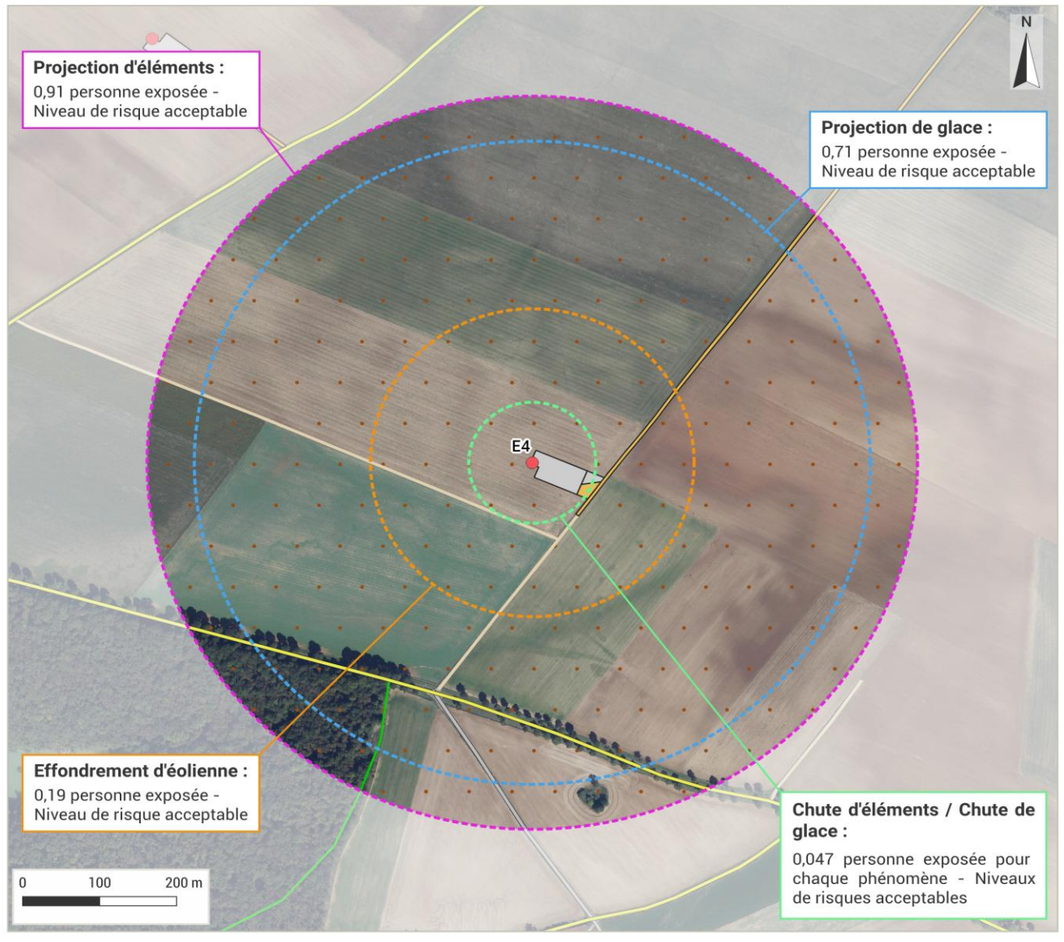
Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 11 : Synthèse des risques de l'éolienne E3

Synthèse des risques de l'éolienne E4
Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- D 6
- Route locale
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Sentier forestier
- Parcelles agricoles et boisées

Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

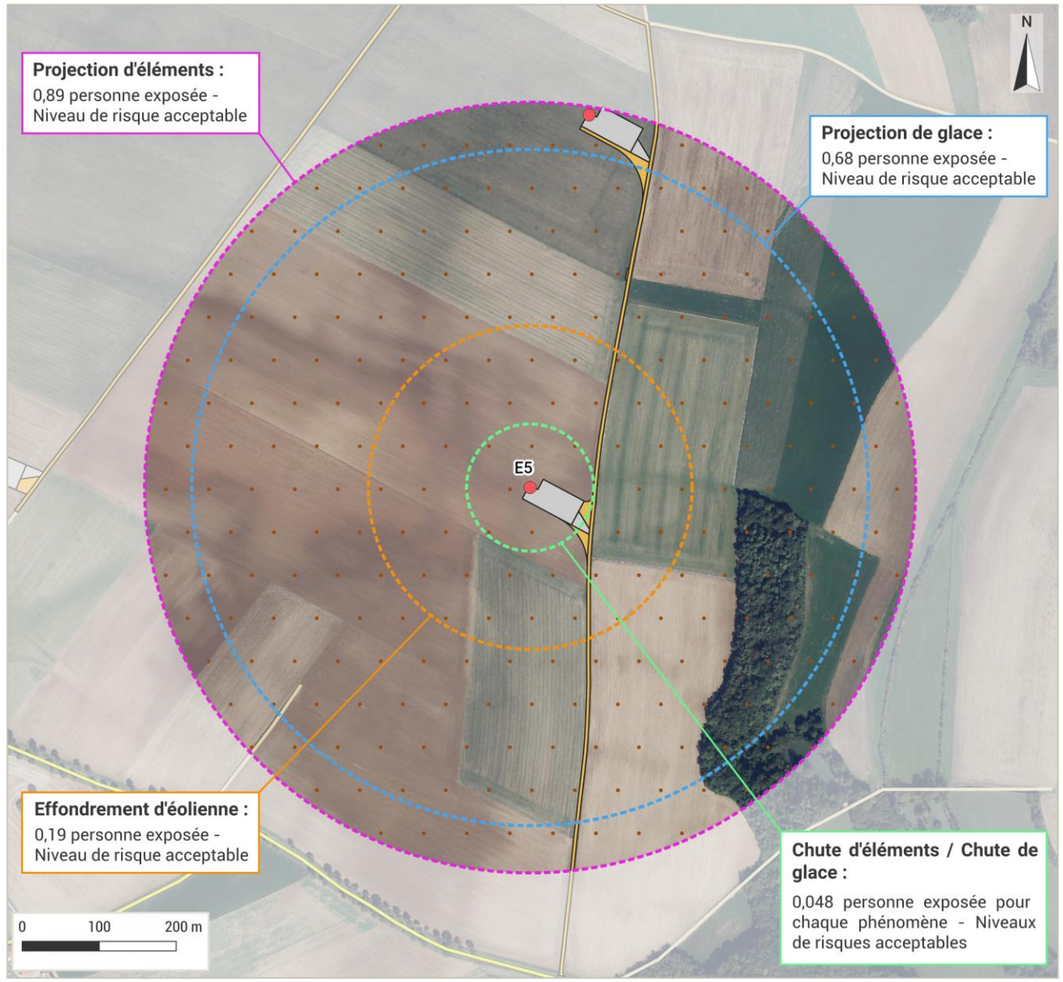
Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 12 : Synthèse des risques de l'éolienne E4

Synthèse des risques de l'éolienne E5

Projet de parc éolien de Frôlois (21)



Légende

Projet
- Éoliennes
- Plateformes
- Pistes d'accès

Enjeux
- Chemins d'exploitation (sentiers de terre)
- Parcelles agricoles et boisées

Zones d'effet et niveaux d'intensité
- Chute d'éléments / glace (exposition modérée) - rayon de 82,5 m
- Effondrement d'éolienne (exposition modérée) - rayon de 210 m
- Projection de glace (exposition modérée) - rayon de 438,75 m
- Projection d'éléments (exposition modérée) - rayon de 500 m

Réalisation : Aelys Environnement, février 2026

Source(s) : IGN, ABO Energy

Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E5

4 CONCLUSION

Les parcs éoliens sont des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) susceptibles de causer des dommages aux personnes en cas de survenue d'un évènement accidentel.

Dans le cas du projet à l'étude, les terrains et installations concernés par un danger (rayon maximal de 500 m autour des aérogénérateurs) sont peu fréquentés : majorité de parcelles agricoles et de boisements non aménagés, chemins agricoles et forestiers, routes non structurantes et ancienne décharge communale abandonnée.

Les personnes présentes sur ces terrains sont néanmoins exposées à un risque. L'étude de dangers a identifié cinq scénarios accidentels pouvant avoir des effets significatifs sur la santé humaine : la projection de pale ou de fragments de pale (distance d'effet de 500 m), la projection de glace (distance d'effet de 438,75 m), l'effondrement d'éolienne (distance d'effet de 210 m), la chute de glace (distance d'effet de 82,5 m), la chute d'éléments de l'éolienne (distance d'effet de 82,5 m).

L'étude de dangers s'est attachée à vérifier l'acceptabilité des risques induits par ces cinq phénomènes. Au travers du croisement entre le niveau de gravité des évènements considérés et leur probabilité d'occurrence, il a été mis en évidence un risque acceptable pour chacun des scénarios (niveaux de risque très faibles à faibles) :

- *la projection de pale ou de fragments de pale, caractérisée par une classe de probabilité « Improbable » et un niveau de gravité « Sérieux » pour l'éolienne E1 et « Modéré » pour E2, E3, E4 et E5, présente un niveau de risque faible dans la zone d'effet de E1 et très faible dans les zones d'effet des quatre autres aérogénérateurs ;*
- *la projection de glace, caractérisée par une classe de probabilité « Probable » et un niveau de gravité « Modéré », présente un niveau de risque très faible pour l'ensemble des aérogénérateurs ;*
- *l'effondrement d'éolienne, caractérisé par une classe de probabilité « Rare » et un niveau de gravité « Modéré », présente un niveau de risque très faible pour l'ensemble des aérogénérateurs ;*
- *la chute d'éléments, caractérisée par une classe de probabilité « Improbable » et un niveau de gravité « Modéré », présente un niveau de risque très faible pour l'ensemble des aérogénérateurs ;*
- *la chute de glace, caractérisée par une classe de probabilité « Courante » et un niveau de gravité « Modéré », présente un niveau de risque faible pour l'ensemble des aérogénérateurs.*

Ces niveaux de risques réduits sont permis grâce aux mesures de sécurité mises en place sur les éoliennes et aux protocoles imposés par l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Les accidents liés à la formation de glace sont limités par les dispositifs de détection ou de déduction équipant les aérogénérateurs : mise à l'arrêt automatique des turbines lors de conditions météorologiques favorables au givre et/ou en cas de balourd sur le rotor. Par ailleurs, des panneaux avertissant notamment des risques de chute de glace sont implantés sur les chemins menant aux éoliennes. Concernant les évènements liés à la perte d'intégrité des aérogénérateurs (effondrement, chute et projection d'éléments), les mesures sont nombreuses : dispositions constructives (respect des normes IEC 61 400-1, 12 et 23, choix de modèles adaptés aux conditions de vent du site), capteurs de température avec mise à l'arrêt en cas de surchauffe des pièces, capteurs de survitesse et mise à l'arrêt, capteurs de déséquilibre, systèmes de captage et de mise à la terre de la foudre, vérifications périodiques tout au long de l'exploitation (tests du fonctionnement des dispositifs de sécurité, contrôle des brides, inspection visuelle), personnel de maintenance qualifié.

Ainsi, grâce aux mesures de prévention et de sécurité dont il fait l'objet, le parc éolien de Frôlois représente un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux qu'il est susceptible d'engendrer en cas d'accident.