SAS PARC EOLIEN DU SUD ARTOIS

–

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION UNIQUE

CHAPITRE 3

# ÉTUDE DE DANGERS

ETUDE DE DANGERS

*Version complétée en réponse à la demande de compléments adressée par le Préfet des Hauts-de-France au pétitionnaire le 11 août 2017*

EDF renouvelables

# ETUDE DE DANGERS

# PARC EOLIEN DU SUD ARTOIS

Communes de Bertincourt, Haplincourt, Lebucquière, Vélu
Département du Pas-de-Calais

**Décembre 2018**

**Porteur de projet :**

**EDF Renouvelables**
**Cœur Défense - Tour A**
**100, esplanade du Général de Gaulle**
**92932 Paris La Défense Cedex**

**Bureau d'études :**

**ALISE environnement**
**102 rue du Bois Tison**
**76160 ST JACQUES-SUR-DARNETAL**
**Tél. : 02 35 61 30 19**
**Fax : 02 35 66 30 47**
**Site : www.alise-environnement.fr**

# SOMMAIRE


**1 - INTRODUCTION ..... 8**

**1.1 - OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS ..... 8**

**1.2 - CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE ..... 8**

**1.3 - REFERENCE NOMENCLATURE ICPE ..... 9**

**1.4 - RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS ..... 10**

**2 - LOCALISATION DU SITE ..... 11**

**2.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE ..... 11**

**2.2 - SITUATION ADMINISTRATIVE ..... 11**

**2.3 - COORDONNEES DES EOLIENNES ET DES POSTES DE LIVRAISON ..... 11**

**2.4 - DEFINITION DES AIRES D'ETUDE ..... 12**

**3 - ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION ..... 14**

**3.1 - ENVIRONNEMENT NATUREL ..... 14**

3.1.1 - Contexte climatique ..... 14
3.1.2 - Potentiel éolien ..... 16

**3.2 - Risques majeurs ..... 20**

3.2.1 - Risques liés à la géologie et à la géotechnique ..... 20
3.2.2 - Risques d'inondations ..... 21
3.2.3 - Risques sismiques ..... 22
3.2.4 - Risques d'incendie ..... 23
3.2.5 - Risques météorologiques ..... 23
3.2.6 - Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRn) ..... 24
3.2.7 - Synthèse ..... 24

**4 - ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE ..... 25**

**4.1 - Zones urbanisées et urbanisables ..... 25**

4.1.1 - Population ..... 25
4.1.2 - Habitat ..... 25

**4.2 - Documents d'urbanisme ..... 26**

**4.3 - Les établissements sensibles et les établissements recevant du public au niveau de l'aire d'étude rapprochée 26**

4.3.1 - Etablissements sensibles ..... 26
4.3.2 - Etablissements Recevant du Public (E.R.P.) au niveau de l'aire d'étude rapprochée ..... 26
4.3.4 - Activités ..... 27

**4.4 - Réseaux de transports ..... 27**

4.4.1 - Réseaux routiers ..... 27

**4.5 - Réseaux ..... 28**

4.5.1 - Réseau d'alimentation en eau potable ..... 28
4.5.2 - Réseau d'assainissement ..... 28
4.5.3 - Réseau électrique ..... 28
4.5.4 - Canalisation de gaz ..... 28
4.5.5 - Pipeline d'hydrocarbures ..... 28
4.5.6 - Réseau de télécommunication ..... 28
4.5.7 - Radiotéléphonie ..... 29
4.5.8 - Servitudes électriques ..... 29
4.5.9 - Servitudes relatives aux canalisations de gaz ..... 29
4.5.10 - Servitudes relatives aux canalisations d'hydrocarbures ..... 29
4.5.11 - Servitudes radioélectriques ..... 29
4.5.12 - Servitudes et contraintes concernant les lignes téléphoniques ..... 29
4.5.13 - Servitudes aéronautiques ..... 29
4.5.14 - Servitudes de Météo-France ..... 30
4.5.15 - Servitudes de protection de captage ..... 31
4.5.16 - Servitudes relatives aux chemins de fer ..... 31

**4.6 - Risques technologiques ..... 31**

4.6.1 - Etablissements classés SEVESO 2 ..... 31
4.6.2 - Installations classées pour la protection de l'environnement ..... 31
4.6.3 - Parcs éoliens ..... 31
4.6.4 - Plan de Prévention des Risques Technologiques ..... 32
4.6.5 - Le transport de matières et de marchandises dangereuses ..... 32
4.6.6 - Risque nucléaire ..... 32

**5 - CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE ..... 37**

**5.1 - Nombre d'équivalent personnes permanentes ..... 37**

**5.2 - Cartographie ..... 37**

**6 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION ..... 40**

**6.1 - NATURE DES ACTIVITES ..... 40**

**6.2 - CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION ..... 40**

6.2.1 - Caractéristiques générales d'un parc éolien ..... 40
6.2.2 - Eléments constitutifs d'un aérogénérateur ..... 40
6.2.3 - Emprise au sol ..... 41
6.2.4 - Chemins d'accès ..... 41
6.2.5 - Activité de l'installation ..... 42
6.2.6 - Composition de l'installation ..... 42

**6.3 - FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION ..... 42**

6.3.1 - Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur ..... 42
6.3.2 - Les éoliennes du Sud Artois ..... 42
6.3.3 - Sécurité des installations ..... 44
6.3.4 - Opérations de maintenance de l'installation ..... 46
6.3.5 - Stockage et flux de produits dangereux ..... 46

**6.4 - FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION ..... 46**

6.4.1 - Réseaux électriques ..... 46
6.4.2 - Autres réseaux ..... 49

**7 - INDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION ..... 50**
**7.1 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS ..... 50**
7.1.1 - Inventaire des produits ..... 50
7.1.2 - Danger des produits ..... 50
7.1.3 - Conclusion ..... 50
**7.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION ..... 50**
**7.3 - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER A LA SOURCE ..... 51**
7.3.1 - Principales actions préventives ..... 51
7.3.2 - Utilisation des meilleures techniques disponibles ..... 52
**8 - ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE ..... 53**
**8.1 - INTRODUCTION ..... 53**
**8.2 - INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE ..... 53**
8.2.1 - Bases de données consultées ..... 53
8.2.2 - Inventaires des accidents en France ..... 53
**8.3 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL ..... 55**
**8.4 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT ..... 56**
**8.5 - SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE ..... 56**
8.5.1 - Analyse de l'évolution des accidents en France ..... 56
8.5.2 - Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents ..... 56
**8.6 - LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE ..... 56**
**9 - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR) ..... 57**
**9.1 - OBJECTIFS DE L'APR ..... 57**
**9.2 - RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES ..... 57**
**9.3 - RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES ..... 58**
9.3.1 - Agression externes liées aux activités humaines ..... 58
9.3.2 - Agressions externes liées aux phénomènes naturels ..... 61
**9.4 - SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES ..... 61**
**9.5 - EFFETS DOMINOS ..... 64**
**9.6 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE ..... 64**
**9.7 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES ..... 69**
**10 - ETUDE DETAILLEE DES RISQUES ..... 70**
**10.1 - RAPPEL DES DEFINITIONS ..... 70**
10.1.1 - Cinétique ..... 70
10.1.2 - Intensité ..... 70
10.1.3 - Gravité ..... 70
10.1.4 - Probabilité ..... 71
**10.2 - CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS ..... 73**
10.2.1 - Effondrement de l'éolienne ..... 73
10.2.2 - Chute de glace ..... 75
10.2.3 - Chute d'éléments de l'éolienne ..... 76
10.2.4 - Projection de pales ou de fragments de pales ..... 78
10.2.5 - Projection de glace ..... 80
**10.3 - SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES ..... 82**
10.3.1 - Tableaux de synthèse des scénarios étudiés ..... 82
10.3.2 - Synthèse de l'acceptabilité des risques ..... 82
**11 - MOYENS D'INTERVENTIONS ET DE LIMITATION DES CONSEQUENCES DES DANGERS ..... 84**
**11.1 - MOYENS INTERNES ..... 84**
11.1.1 - Organisation en cas de dysfonctionnement ..... 84
11.1.2 - Moyens matériels ..... 84
11.1.3 - Moyens humains ..... 84
**11.2 - MOYENS EXTERNES ..... 84**
**12 - CONCLUSION ..... 86**
**13 - ANNEXES A L'ETUDE DE DANGER ..... 88**
**13.1 - ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE ..... 89**
13.1.1 - Terrains non bâtis ..... 89
13.1.2 - Voies de circulation ..... 89
13.1.3 - Logements ..... 89
13.1.4 - Etablissements recevant du public (ERP) ..... 89
13.1.5 - Zones d'activité ..... 90
**13.2 - ANNEXE 2 - TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANCAISE ..... 91**
**13.3 - ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES ..... 101**
13.3.1 - Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02) ..... 101
13.3.2 - Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07) ..... 101
13.3.3 - Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02) ..... 102
13.3.4 - Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03) ..... 102
13.3.5 - Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06) ..... 102
13.3.6 - Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10) ..... 102
**13.4 - ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL ..... 103**
**13.5 - ANNEXE 5 –GLOSSAIRE ..... 104**
**13.6 - ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES ..... 106**

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Rubriques de la nomenclature des I.C.P.E. ....9
Tableau 2 : Communes du rayon d'affichage ....9
Tableau 3 : Renseignements administratifs du demandeur....10
Tableau 4 : Situation géographique du projet....11
Tableau 5 : Principales villes du secteur et distance par rapport au projet ....11
Tableau 6 : Liste des parcelles cadastrales concernées par le projet....11
Tableau 7 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison ....11
Tableau 8 : Températures moyennes à la station de Cambrai - Epinoy....14
Tableau 9: Nombre de jours de gel par mois à la station de Cambrai - Epinoy ....15
Tableau 10 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Cambrai - Epinoy (en mm) ....15
Tableau 11 : Précipitations à la station de Cambrai - Epinoy pour la période 1981-2010....15
Tableau 12: Nombre de jours moyens avec des rafales de vent supérieures à 16 et 28 m/s à 10 m de hauteur sur la station de Cambrai-Epinoy ....16
Tableau 13 : Catastrophes naturelles « mouvements de terrain » sur les communes d'implantation. ....20
Tableau 14 : Population en 2007 et 2012 sur les communes de la Z.I.P. ....25
Tableau 15 : Superficie et densité de population sur les communes de la Z.I.P. ....25
Tableau 16 : Distance entre les limites de la Z.I.P. et le bâti le plus proche ....25
Tableau 17 : Distance la plus courte entre les éoliennes et les zones d'habitat....25
Tableau 18 : Liste des documents d'urbanisme effectifs sur les communes d'implantation ....26
Tableau 19 : Etablissements sensibles à proximité de la Z.I.P....26
Tableau 20 : Exploitation agricoles ayant leur siège sur les communes de la Z.I.P. et leur orientation technico-économique....27
Tableau 21 : Comptages routiers....27
Tableau 22 : Données de l'accidentologie depuis 2009 ....27
Tableau 23 : Liste des installations classées sur les communes d'implantations et les communes limitrophes....31
Tableau 24 : Parcs éoliens dans l'aire d'étude éloignée....32
Tableau 25 : Nombre d'équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude ....37
Tableau 26 : Caractéristiques des éoliennes prises en compte dans l'étude de dangers....40
Tableau 27 : Caractéristiques des éoliennes prises en compte dans l'étude de dangers....40
Tableau 28 : Caractéristiques des éoliennes ....42
Tableau 29 : Coordonnées des éoliennes....42
Tableau 30 : Caractéristiques du gabarit des éoliennes retenues ....43
Tableau 31 : poste source à proximité du projet et capacité réservées ....49
Tableau 32 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation....51
Tableau 33 : Principales agressions extérieures potentielles....58
Tableau 34 : Comptages routiers....59
Tableau 35 : Distances entre les routes du secteur et les éoliennes les plus proches....59
Tableau 36 : Distances entre la RD 7 et les éoliennes les plus proches ....59
Tableau 37 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels....61
Tableau 38 : Analyse des risques....63
Tableau 39 : Fonction de sécurité ....68
Tableau 40 : Scénarios exclus ....69
Tableau 41 : Degré d'exposition....70
Tableau 42 : Echelle de gravité des conséquences sur l'homme ....71
Tableau 43 : Echelle de gravité des conséquences sur l'environnement....71
Tableau 44 : Intensité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » ....73
Tableau 45 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Effondrement de l'éolienne » ....73
Tableau 46 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »....74
Tableau 47 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne » ....74
Tableau 48 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »....74
Tableau 49 : Intensité du phénomène « Chute de glace » ....75
Tableau 50 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute de glace »....75
Tableau 51 : Gravité du phénomène « Chute de glace »....76
Tableau 52 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace » ....76
Tableau 53 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »....76
Tableau 54 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute d'éléments de l'éolienne » ....77
Tableau 55 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » ....77
Tableau 56 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »....77
Tableau 57 : Intensité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales » ....78
Tableau 58 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projections de pales ou de fragments de pale» ....78
Tableau 59 : Gravité du phénomène « Projections de pales ou de fragments de pales » ....79
Tableau 60 : Probabilité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »....79
Tableau 61 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragment de pale » ....79
Tableau 62 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace » ....80
Tableau 63 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projections de pales ou de fragments de pale» ....80
Tableau 64 : Gravité du phénomène « Projections de morceaux de glace » ....81
Tableau 65 : Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace » ....81
Tableau 66 : Synthèse des scénarios étudiés....82
Tableau 67 : Coordonnées des services de sécurités et de secours publics ou privés ....85
Tableau 68 : Hiérarchisation des phénomènes dangereux ....86
Tableau 69 : Niveau d'acceptabilité des risques....86

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation du projet sur carte I.G.N. ....13
Figure 2 : Climats de la France ....14
Figure 3 : Températures minimales, moyennes et maximales mensuelles à la station de Cambrai – Epinoy ....14
Figure 4: Nombre de jours de gel par mois ....15
Figure 5 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Cambrai – Epinoy (en mm) ....15
Figure 6 : Potentiel éolien de la France et de la région ....16
Figure 7 : Roses des vents temporelle et énergétique par secteur de vent ....17
Figure 8: Carte énergétique du projet du Sud Artois ....18
Figure 9 : Potentiel éolien du Nord-Pas-de-Calais ....19
Figure 10 : Aléa « retrait / gonflement des argiles » ....21
Figure 11 : Risque d'inondation par remontée de nappe ....22
Figure 12 : Schéma synoptique d'un séisme ....22
Figure 13: Carte des zones sismiques en France ....23
Figure 14 : Zone de protection et zones de coordination pour l'implantation des parcs éoliens à proximité des radars météorologiques de Météo-France ....30
Figure 15 : Réseau viaire à proximité de la zone d'implantation potentielle ....33
Figure 16 : Infrastructures et réseaux ....34
Figure 17 : Carte de synthèse des servitudes sur la zone d'implantation potentielle ....35
Figure 18 : Etat de l'éolien dans un rayon de 20 km autour de la Z.I.P. ....36
Figure 19 : Carte de l'état initial ....38
Figure 20 : Carte des enjeux dans un rayon de 500 m autour des éoliennes ....39
Figure 21 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur ....41
Figure 22 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne ....41
Figure 23 : Composants du parc éolien ....46
Figure 24 : Principe du raccordement électrique d'une installation éolienne ....47
Figure 25 : Postes de livraison, raccordement et chemins d'exploitation ....48
Figure 26 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011 ....54
Figure 27 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 ....55
Figure 28 : Répartition des causes premières d'effondrement ....55
Figure 29 : Répartition des causes premières de rupture de pale ....55
Figure 30 : Répartition des causes premières d'incendie ....55
Figure 31 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées ....56
Figure 32 : Distance d'éloignement par rapport aux lignes HTA ....60
Figure 33 : Carte de synthèse des risques ....83

# 1 - INTRODUCTION

## 1.1 - OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par EDF EN pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien « Sud Artois », autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.
Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du projet de parc éolien. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.
Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc « Sud Artois », qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.
Ainsi, cette étude permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- ⇨ améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise afin de réduire les risques et optimiser la politique de prévention ;
- ⇨ favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation ;
- ⇨ informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

La présente étude de dangers a été réalisée par Monsieur Thierry Triquet, du bureau d'études ALISE, expérimenté également dans des dossiers ICPE d'autres ouvrages, en collaboration avec l'équipe d'EDF EN pour les données de calculs. Les méthodes de calcul de danger sont celles du GUIDE TECHNIQUE « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens », validé en juin 2012 par la Direction Générale de Prévention des Risques (DGPR). Les éléments de ce guide ont été pris en compte dans la présente étude.

## 1.2 - CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.
L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classés soumises à autorisation dit « arrêté PCIG » fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.
Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.
Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement :

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

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

## 1.3 - REFERENCE NOMENCLATURE ICPE

Au titre de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, le projet est concerné par la rubrique suivante :

| Rubrique | Désignation de l'activité | Régime | Rayon d'affichage | Caractéristiques de l'installation |
|---|---|---|---|---|
| 2980 | Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs<br>1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m | A* | 6 km | 8 éoliennes de 150 m<br>(mât de 91,5 m) |

*A : autorisation D : déclaration

**Tableau 1 :** Rubriques de la nomenclature des I.C.P.E.

Le parc « Sud Artois » comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m. Cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.
Le rayon d'affichage est de 6,0 km. Il permet de définir le périmètre à l'intérieur duquel l'affichage de l'avis d'enquête publique est obligatoire.
Les communes concernées sont situées dans les départements du Pas-de-Calais, du Nord et de la Somme :

❖ **Zone d'implantation :**

| Département | Communes | N°INSEE |
|---|---|---|
| Pas-de-Calais | BERTINCOURT | 62117 |
| | HAPLINCOURT | 62410 |
| | LEBUCQUIERE | 62493 |
| | VELU | 62840 |

❖ **Autres communes du rayon d'affichage :**

| COMMUNE | CODE INSEE | DEPARTEMENT |
|---|---|---|
| BANCOURT | 62079 | PAS-DE-CALAIS |
| BAPAUME | 62080 | PAS-DE-CALAIS |
| BARASTRE | 62082 | PAS-DE-CALAIS |
| BEAULENCOURT | 62093 | PAS-DE-CALAIS |
| BEAUMETZ-LES-CAMBRAI | 62096 | PAS-DE-CALAIS |
| BERTINCOURT | 62117 | PAS-DE-CALAIS |
| BEUGNATRE | 62121 | PAS-DE-CALAIS |
| BEUGNY | 62122 | PAS-DE-CALAIS |
| BOURSIES | 59097 | NORD |
| BUS | 62189 | PAS-DE-CALAIS |
| DOIGNIES | 59176 | NORD |
| ECOUST-SAINT-MEIN | 62285 | PAS-DE-CALAIS |
| EQUANCOURT | 80275 | SOMME |
| ETRICOURT-MANANCOURT | 80298 | SOMME |
| FAVREUIL | 62326 | PAS-DE-CALAIS |
| FINS | 80312 | SOMME |
| FREMICOURT | 62353 | PAS-DE-CALAIS |
| HAPLINCOURT | 62410 | PAS-DE-CALAIS |
| HAVRINCOURT | 62421 | PAS-DE-CALAIS |
| HERMIES | 62440 | PAS-DE-CALAIS |
| LAGNICOURT-MARCEL | 62484 | PAS-DE-CALAIS |
| LEBUCQUIERE | 62493 | PAS-DE-CALAIS |
| LECHELLE | 62494 | PAS-DE-CALAIS |
| LE TRANSLOY | 62829 | PAS-DE-CALAIS |
| LIGNY-THILLOY | 62515 | PAS-DE-CALAIS |
| MESNIL-EN-ARROUAISE | 80538 | SOMME |
| METZ-EN-COUTURE | 62572 | PAS-DE-CALAIS |
| MORCHIES | 62591 | PAS-DE-CALAIS |
| NEUVILLE-BOURJONVAL | 62608 | PAS-DE-CALAIS |
| NOREUIL | 62619 | PAS-DE-CALAIS |
| PRONVILLE | 62671 | PAS-DE-CALAIS |
| QUEANT | 62673 | PAS-DE-CALAIS |
| RIENCOURT-LES-BAPAUME | 62708 | PAS-DE-CALAIS |
| ROCQUIGNY | 62715 | PAS-DE-CALAIS |
| RUYAULCOURT | 62731 | PAS-DE-CALAIS |
| SAILLY-SAILLISEL | 80695 | SOMME |
| VAULX-VRAUCOURT | 62839 | PAS-DE-CALAIS |
| VELU | 62840 | PAS-DE-CALAIS |
| VILLERS-AU-FLOS | 62855 | PAS-DE-CALAIS |
| YTRES | 62909 | PAS-DE-CALAIS |

**Tableau 2 :** Communes du rayon d'affichage

## 1.4 - RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

| Demandeur | Parc éolien du Sud Artois |
|---|---|
| Forme juridique | Société par Actions Simplifiée à associé unique |
| Capital | 5000 euros |
| Téléphone | +33 (1) 40 90 23 40 |
| Fax | Télécopie +33 (1) 40 90 23 41 |
| Siège social | 100 Esplanade du Général de Gaulle - Coeur Défense - Tour B - 92932 - Paris la Défense CEDEX |
| N° SIRET | 829.469.212.00015 |
| N° de registre du commerce | Nanterre 829.469.212. |
| Code APE | 3511Z |
| Signataire de la demande d'autorisation | Monsieur Didier HELLSTERN |
| Qualité | Directeur EDF EN – Région Nord et par délégation pour le compte de la SAS Parc éolien du Sud Artois |
| Nationalité | France |

**Tableau 3** : **Renseignements administratifs du demandeur**

# 2 - LOCALISATION DU SITE

## 2.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

La zone d'implantation potentielle retenue est située sur les communes de Bertincourt, Haplincourt, Lebucquière et Vélu, au sud-est du département du Pas-de-Calais, en région Nord-Pas-de-Calais :

| | |
|---|---|
| **Région** | **Nord-Pas-de Calais** |
| **Département** | Pas-de-Calais |
| **Arrondissement** | Arras |
| **Canton** | Bapaume |
| **Communes** | Haplincourt, Vélu, Lebucquière et Bertincourt |
| **Communes voisines** | Hermies (62), Ytres (62), Bancourt (62), Beaumetz-lès-Cambrai (62), Ruyaulcourt (62), Villers-au-Flos (62), Barastre (62), Frémicourt (62), Bus (62) et Beugny (62) |

**Tableau 4 : Situation géographique du projet**

Les communes de Haplincourt, Vélu, Lebucquière et Bertincourt appartiennent à la **Communauté de communes du Sud Artois**.

Le tableau suivant présente les distances à vol d'oiseau entre ces communes et les principales villes du secteur (en termes de population) :

| Commune | Distance |
|---|---|
| Bapaume (62) | 8 km |
| Cambrai (62) | 20 km |
| Arras (62) | 23 km |

**Tableau 5 : Principales villes du secteur et distance par rapport au projet**

La figure page suivante présente la localisation du site du projet sur la carte I.G.N. au 1/25 000.

## 2.2 - SITUATION ADMINISTRATIVE

Les éoliennes et les postes de livraison sont concernés par les parcelles cadastrales suivantes :

| Eolienne | Section | Parcelle cadastrale | Commune |
|---|---|---|---|
| E1 | ZD | 118 | Lebucquière |
| E2 | ZB | 24 | Lebucquière |
| | ZB | 25 | |
| E3 | ZB | 64 | Lebucquière |
| E4 | ZB | 42 | Haplincourt |
| E7 | ZA | 52 | Lebucquière |
| | ZA | 53 | |
| E9 | ZA | 9 | Vélu |
| E10 | ZH | 149 | Bertincourt |
| E11 | ZH | 226 | Bertincourt |
| PdL1 | ZC | 2 | Haplincourt |
| PdL2 | ZA | 44 | Lebucquière |
| PdL3 | ZH | 25 | Bertincourt |

* PDL : Poste de livraison

**Tableau 6 : Liste des parcelles cadastrales concernées par le projet**

## 2.3 - COORDONNEES DES EOLIENNES ET DES POSTES DE LIVRAISON

Le tableau ci-après présente les coordonnées des éoliennes et des postes de livraison du parc éolien du Sud Artois :

| Equipement | Commune | Coordonnées | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Lambert 93 | | WGS 84 | |
| | | X | Y | E | N |
| E01 | Lebucquière | 696 154,0 | 7 001 685,3 | 002° 56' 46,63" | 50° 06' 48,33" |
| E02 | Lebucquière | 696 109,3 | 7 001 151,0 | 002° 56' 44,40" | 50° 06' 31,06" |
| E03 | Lebucquière | 696 149,6 | 7 000 627,7 | 002° 56' 46,45" | 50° 06' 14,14" |
| E04 | Haplincourt | 695 505,8 | 6 999 722,9 | 002° 56' 14,12" | 50° 05' 44,88" |
| E07 | Lebucquière | 696 646,5 | 6 999 885,2 | 002° 57' 11,45" | 50° 05' 50,15" |
| E09 | Vélu | 697 294,7 | 6 999 615,7 | 002° 57' 44,03" | 50° 05' 41,44" |
| E10 | Bertincourt | 697 271,6 | 6 998 905,4 | 002° 57' 42,89" | 50° 05' 18,48" |
| E11 | Bertincourt | 697 242,5 | 6 998 374,2 | 002° 57' 41,44" | 50° 05' 01,30" |
| PDL1 | Haplincourt | 696 042,6 | 7 000 380,7 | 002° 56' 41,08" | 50° 06' 06,15" |
| PDL2 | Lebucquière | 697 134,0 | 6 999 827,1 | 002° 57' 35,95" | 50° 05' 48,27" |
| PDL3 | Bertincourt | 697 240,8 | 6 998 333,9 | 002° 57' 41,35" | 50° 04' 59,99" |

**Tableau 7 : Coordonnées des éoliennes et des postes de livraison**

## 2.4 - DEFINITION DES AIRES D'ETUDE

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 10.2.4 -, page 78.
La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison. Ceux-ci seront néanmoins représentés sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

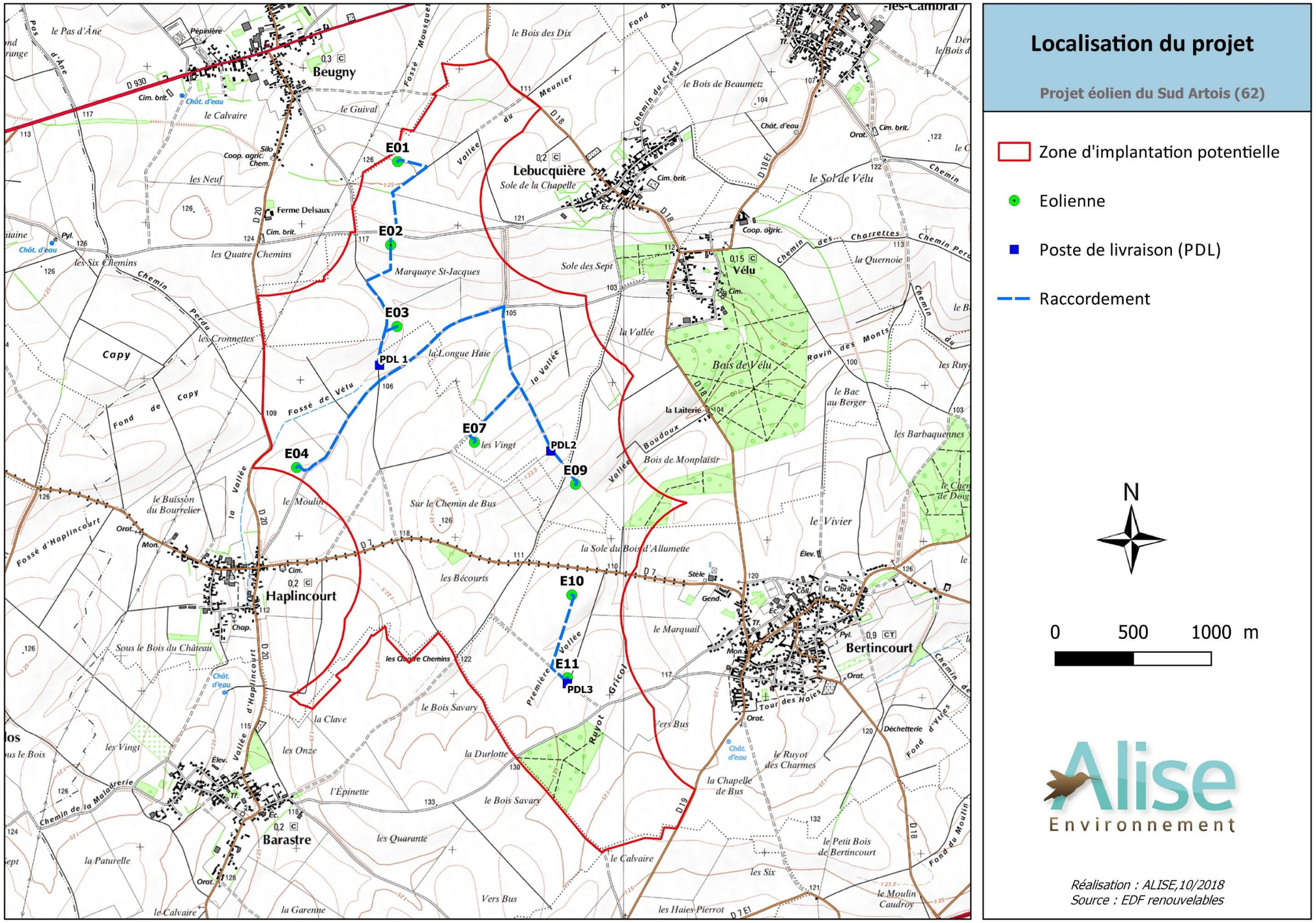



**Figure 1 : Situation du projet sur carte I.G.N.**

Source : Carte I.G.N. au 1/25 000

# 3 - ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).
La description complète du site du projet et de son environnement est présentée dans la partie « Etat initial » de l'Etude d'impact (chapitre 3 – Analyse de l'état initial du site et de son environnement). Une synthèse de cette partie est proposée dans les paragraphes suivants.

## 3.1 - ENVIRONNEMENT NATUREL

### 3.1.1 - CONTEXTE CLIMATIQUE

Les données climatologiques proviennent de la station météorologique Météo-France de Cambrai - Epinoy (62) située à environ 17 km de la zone d'implantation potentielle (station météo fournissant les données de pluviométrie et de température sur une période de 30 ans).
**La région dans laquelle se situe la Z.I.P. bénéficie d'un climat océanique dégradé, caractérisé par des températures douces et une pluviométrie moyenne répartie tout au long de l'année.**

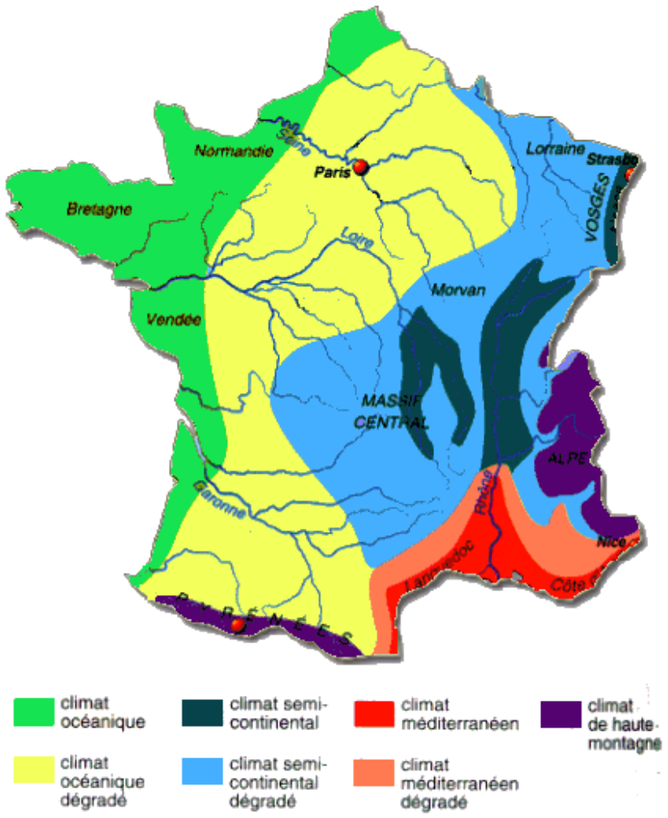



**Figure 2 : Climats de la France**

#### 3.1.1.1 - Températures

Le tableau et le graphique suivants indiquent les moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes et maximales relevées à la station de Cambrai - Epinoy (en °C - période : 1981–2010) :

| Temp. en °C | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Moyenne annuelle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Max | 5,8 | 6,8 | 10,7 | 14,2 | 18,0 | 20,8 | 23,5 | 23,4 | 19,8 | 15,1 | 9,6 | 6,2 | 14,5 |
| Moy | **3,3** | 3,8 | 6,9 | 9,4 | 13,2 | 15,9 | **18,3** | 18,2 | 15,2 | 11,4 | 6,8 | 3,8 | 10,5 |
| Min | 0,7 | 0,8 | 3,1 | 4,7 | 8,3 | 11,0 | 13,1 | 13,0 | 10,6 | 7,7 | 3,9 | 1,5 | 6,5 |

**Tableau 8 : Températures moyennes à la station de Cambrai - Epinoy**

Source : Météo-France

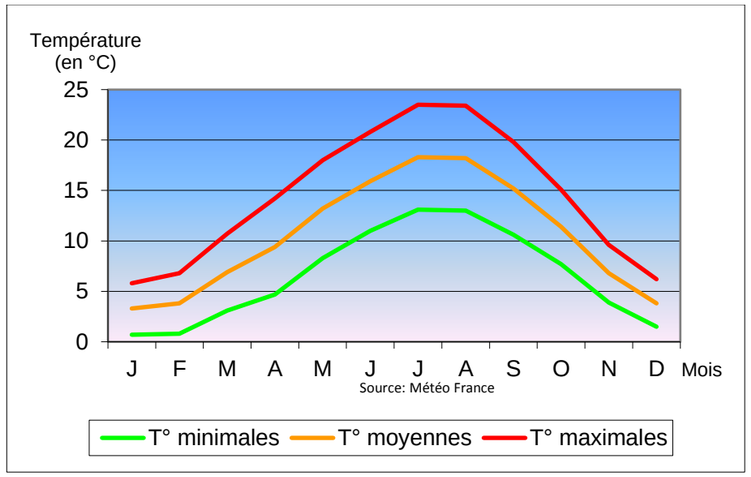



**Figure 3 : Températures minimales, moyennes et maximales mensuelles à la station de Cambrai – Epinoy**

Source : MétéoFrance

On observe un minimum en janvier (3,3°C) et un maximum en juillet (18,3°C). La température moyenne annuelle est de 10,5°C. L'amplitude thermique est de 15,0°C.

### 3.1.1.3 - Gel

Le tableau suivant indique le nombre mensuel de jour de gel à la station de Cambrai - Epinoy (période : 1981-2010) :

| Paramètre | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre de jours de gel | 12,4 | 11,4 | 7,2 | 2,8 | 0,1 | - | - | - | - | 1,4 | 5,4 | 11,6 | 52,3 |
| Nombre de jours avec T° <= -5° | 3,5 | 3,0 | 0,4 | - | - | - | - | -- | - | - | 0,6 | 2,3 | 9,8 |

**Tableau 9: Nombre de jours de gel par mois à la station de Cambrai - Epinoy**

Source : Météo-France

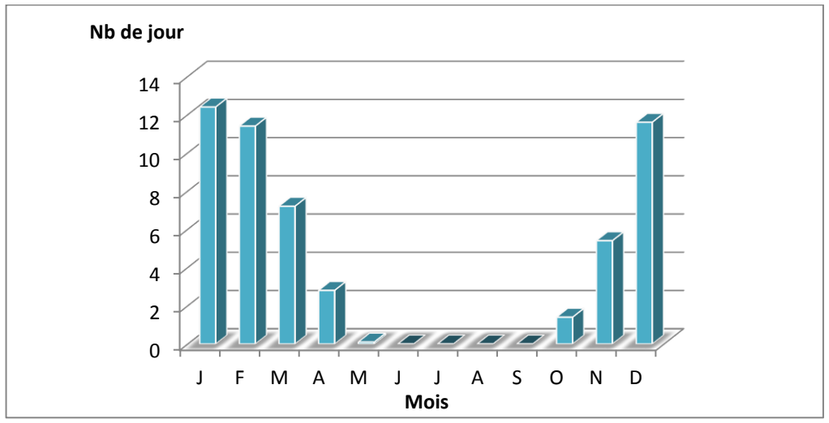



**Figure 4: Nombre de jours de gel par mois**

Source : MétéoFrance

Le mois de janvier est celui qui est le plus exposé au gel, avec 12,4 jours de gel en moyenne. Les mois d'été (juin, juillet, août et septembre) ne sont pas concernés par ces épisodes de gel ainsi que mai. En moyenne, à la station de Cambrai - Epinoy, 52,3 jours de gel par an sont comptabilisés pour la période 1981-2010.
Toutefois, le nombre de jours de fortes gelées (températures inférieures à -5°C) est relativement réduit avec 9,8 jours par an en moyenne.

### 3.1.1.4 - Pluviométrie

Le tableau et le graphique suivants indiquent les moyennes mensuelles des précipitations relevées à la station de Cambrai - Epinoy (hauteur de précipitations en mm – période : 1981–2010) :

| Période | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1981-2010 | 56,1 | **45,9** | 55,9 | 48,4 | 60,1 | 66,5 | 66,6 | 64,0 | 57,9 | **67,7** | 59,0 | 63,1 | 711,2 |

**Tableau 10 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Cambrai - Epinoy (en mm)**

Source : Météo-France

La répartition des précipitations est relativement homogène sur l'ensemble de l'année. On note cependant un minimum en février (45,9 mm) et un maximum en octobre (67,7 mm).

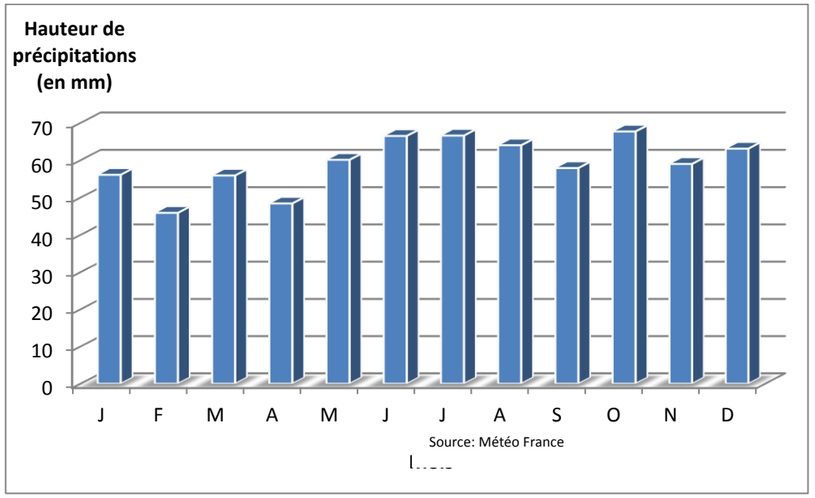



**Figure 5 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Cambrai – Epinoy (en mm)**

Source : MétéoFrance

Le tableau ci-après présente, pour chaque mois de l'année, le nombre de jours de pluie par mois :

| Nb de jours de pluie | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ≥ 1 mm | 11,3 | 9,7 | 11,6 | 9,5 | 10,7 | 9,9 | 9,8 | 9,4 | 9,5 | 10,8 | 11,7 | 11,5 | 125,4 |
| ≥ 5 mm | 1,1 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,5 | 1,9 | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 1,1 | 1,5 | 17,1 |

**Tableau 11 : Précipitations à la station de Cambrai - Epinoy pour la période 1981-2010**

Source : Météo France

Il pleut en moyenne environ un jour sur trois dans l'année. Le nombre de jours avec des pluies notables (dépassant 5 mm) est moyen, avec une fréquence atteignant 5% environ dans l'année.

### 3.1.1.5 - Orages

L'activité orageuse est appréciée par la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre par km² et par an. La moyenne française est de 1,59 arc/km²/an. A titre de comparaison, la commune de France la plus foudroyée est Beauvezer (04) avec une Da de 7,97 arcs/km²/an. La commune la moins foudroyée est Guilvinec (29) avec une Da de 0,06 arc/km²/an.
La densité d'arcs du département du Pas-de-Calais est de 0,93 arc/km²/an, ce qui est inférieur à la moyenne nationale (1,59 arc/km²/an).

**Les communes de la Z.I.P. ne sont pas situées dans une zone à risque sur le plan de la foudre.**
**dans une zone à risque sur le plan de la foudre.**

### 3.1.2 - Potentiel eolien

#### 3.1.2.1 - Généralités

La carte suivante présente le potentiel éolien à l'échelle de la France et de la région. Le pays dispose en effet du deuxième gisement éolien à l'échelle de l'Europe.

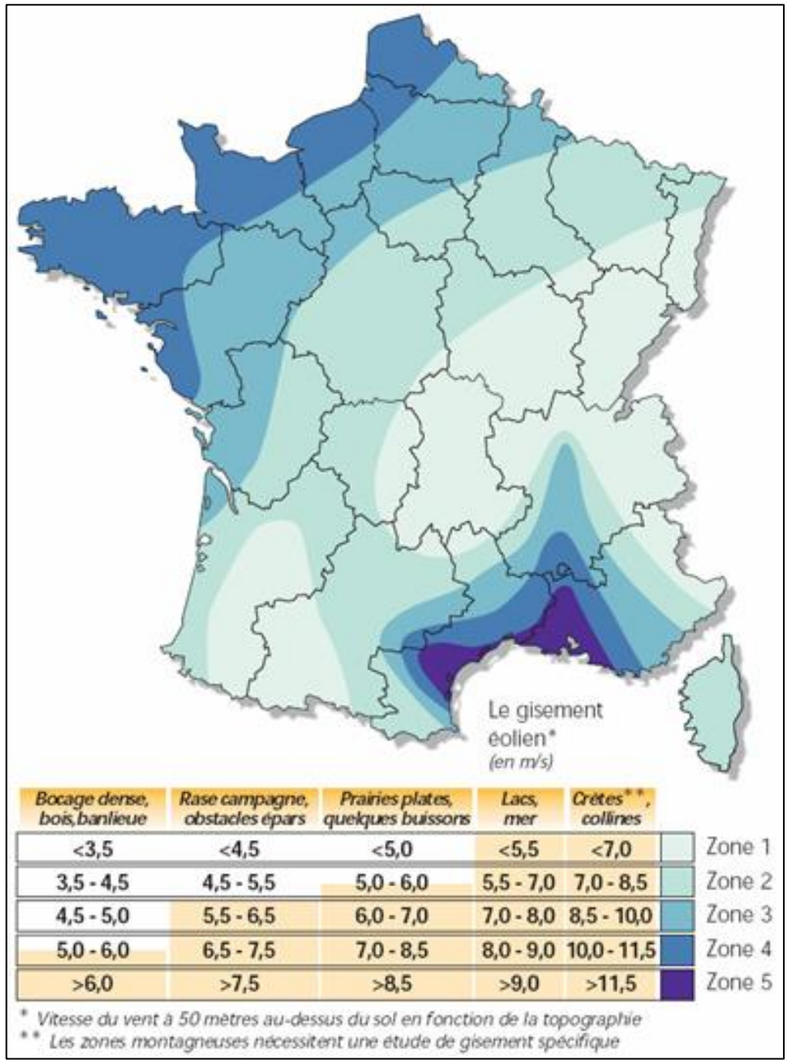



**Figure 6 : Potentiel éolien de la France et de la région**

D'après cette carte, l'aire d'implantation possible du projet appartient à la zone 3, présentant une vitesse moyenne annuelle des vents comprise entre 5,5 et 7 m/s (liée à son occupation du sol), à 50 m de hauteur.

La station météorologique utilisée pour caractériser le régime des vents est celle de Cambrai-Epinoy, située à une vingtaine de kilomètres à l'est, et une altitude comparable de 76 m. Les données disponibles vont de 1981 à 2010 (2015 pour les records de vents).

Les vitesses des vents moyennés sur 10 min (moyenne en m/s à 10 m de hauteur) sont les suivantes :

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Vitesse moyenne des vents sur 10 min** | 5,9 | 5,4 | 5,3 | 4,9 | 4,4 | 4,1 | 4,2 | 4,1 | 4,4 | 5 | 5,1 | 5,5 | 4,9 |

**Tableau 25 : Vitesse moyenne des vents sur 10 min à 10 m de hauteur sur la station de Cambrai-Epinoy (source : Météo France 1981-2010)**

Les rafales maximales de vent sont présentées dans le tableau suivant :

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rafale maximale de vent (m/s)** | 34 | 37 | 30 | 34 | 27 | 33,3 | 29,3 | 27 | 27 | 32 | 37 | 36 | 37 |
| | 22-1988 | 26-1990 | 15-1988 | 05-1983 | 20-2006 | 05-2015 | 27-2013 | 08-1992 | 10-1983 | 16-1987 | 27-1983 | 25-1999 | 26/02/1990 |

**Tableau 26 : Rafales de vent enregistrées sur la station de Cambrai-Epinoy (source : Météo France 1981-2015)**

La rafale de vent la plus violente enregistrée à Cambrai sur la période 1981 – 2010 a atteint 37 m/s à 10 m de hauteur soit 133 km/h le 26 février 1990.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **>= 16 m/s** | 11,1 | 6,8 | 8,1 | 4,8 | 3,9 | 2,2 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 5,5 | 6,3 | 7,6 | 65,7 |
| **>= 28 m/s** | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | - | 0,1 | - | - | - | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 2,4 |

**Tableau 12: Nombre de jours moyens avec des rafales de vent supérieures à 16 et 28 m/s à 10 m de hauteur sur la station de Cambrai-Epinoy**

(source : Météo France 1981-2010)

Le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 57,6 km/h (16 m/s) est de 65,7 par an et le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 100,8 km/h (28 m/s) est de 2,4 par an.

#### 3.1.2.2 - Potentiel éolien de la zone d'implantation potentielle

Une campagne de mesure de vent a été entreprise sur le site du projet éolien de Gouzeaucourt situé à 10 km à l'ouest du projet éolien du Sud Artois. Les mesures, récentes, se sont déroulées sur une période de 2 années pleines de janvier 2015 et janvier 2017 avec un mât de mesure de vent de 100 m. Compte tenu de la proximité et de la topographie similaire entre les deux projets, **les données disponibles sont pertinentes pour évaluer la ressource de vent pour le projet du Sud Artois.**

Les deux graphiques ci-dessous, issus d'un document de synthèse de la ressource en vent effectué par EDF-EN en avril 2017, présentent les roses des vents temporelle et énergétique par secteur de vent (dont les données anémomètres et girouettes possèdent de bons facteurs de corrélation).

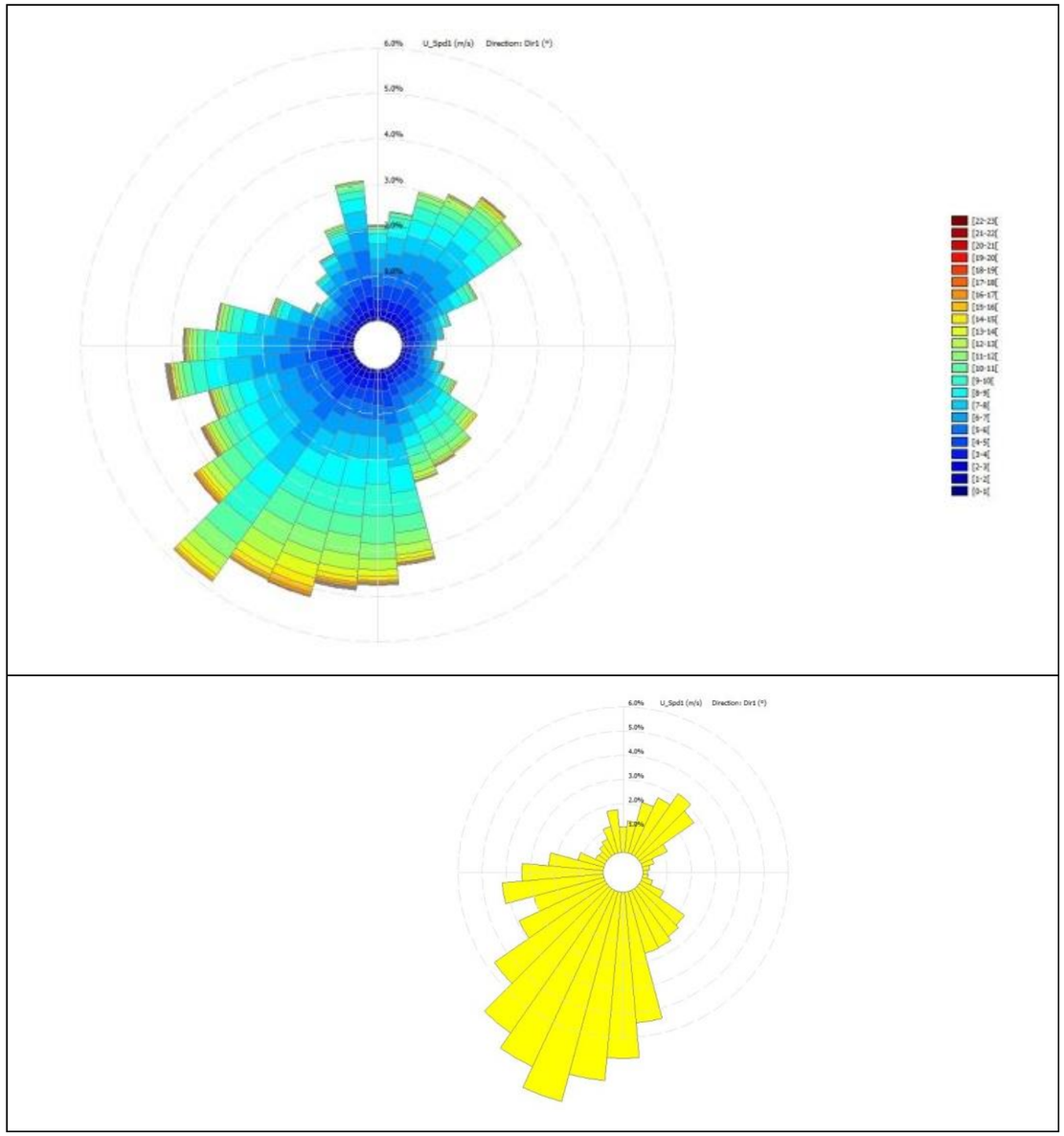



**Figure 7 : Roses des vents temporelle et énergétique par secteur de vent**

*(Propriété de EDF EN – Utilisation et Reproduction interdite)*

Sur la période de mesures, les directions enregistrées montrent clairement un large secteur de vent dominant sur tout le quart sud-ouest, avec plus de 70 % de l'énergie annuelle. On constate toutefois des occurrences sur le secteur nord-est, bien que moins marquées.

Sur la période de mesures sur le site éolien, **la vitesse de vent moyenne à 100 m de hauteur est de 7,30 m/s.**

Afin d'évaluer le potentiel de vent sur une période représentative, il est nécessaire de corréler la période de mesures avec une période de référence, dite « long terme ». Ainsi, pour recaler les mesures sur le long terme, il est nécessaire de posséder des données de référence de qualité. Plusieurs jeux de données de référence long terme ont été analysés, prenant en compte la consistance des données, la distance au projet, le taux de recouvrement, la tendance long terme, la vitesse de vent moyenne, la rose des vents et la corrélation entre les stations de référence et le mât de mesures.

Parmi les données de référence, les données réanalysées MERRA2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications) ont été sélectionnées. Cette base de données est mise à disposition par la NASA (US National Aeronautics and Space Administration). Les données réanalysées sont des données météorologiques issues de modèles d'assimilation qui ont été retravaillées de manière à assurer sur le long terme une stabilité et une cohérence climatologique. Ces données sont disponibles à 50 mètres.

Pour cette étude, les données MERRA2 ont été considérées sur une période de 14 années (01/03/2003 a 28/02/2017), jugée comme période la plus stable. E03°07'30.00'' N50°00'00'' (Geo-WGS84), soit a environ 6 kilomètres du site. Une régression matricielle par secteur de vent (MCP matricielle) a été entreprise entre les données sur site et les données MERRA2.

Cet exercice montre que la période de mesures est légèrement plus ventée que les 14 années considérées pour le long terme. Sur la période de long terme, la vitesse de vent calculée est de 7,20 m/s à 100m de hauteur.

**Les vitesses de vents attendues pour le projet éolien du Sud Artois seront donc du même ordre de grandeur.**

La carte ci-après issues de l'extrapolation des données de cette étude présente la ressource énergétique, calculée sur la base de la ressource en vent, pour le projet éolien du Sud Artois.

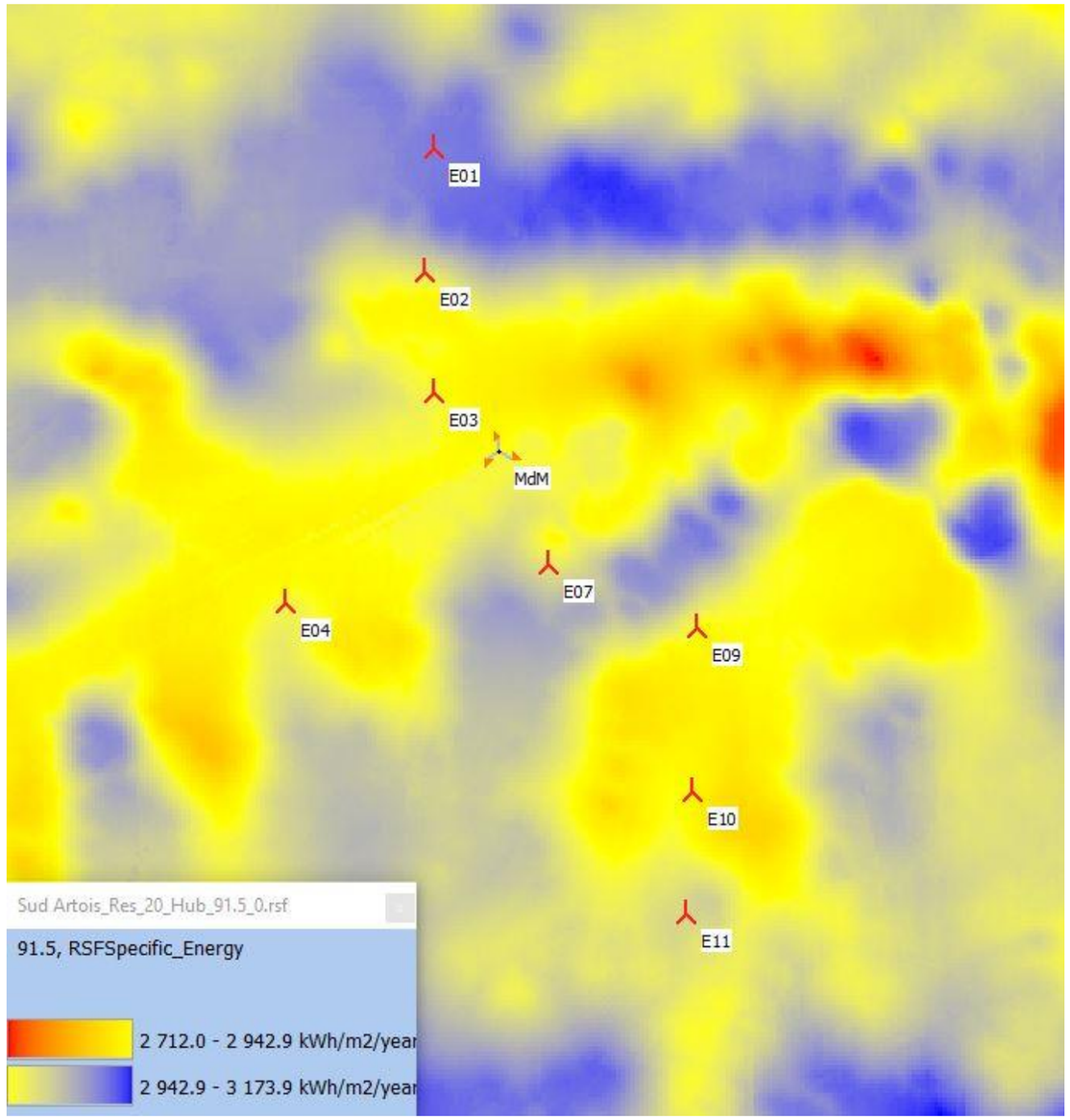



**Figure 8: Carte énergétique du projet du Sud Artois**

Source : EDF EN

**La zone d'implantation potentielle présente un potentiel éolien favorable à l'implantation d'un parc éolien.**

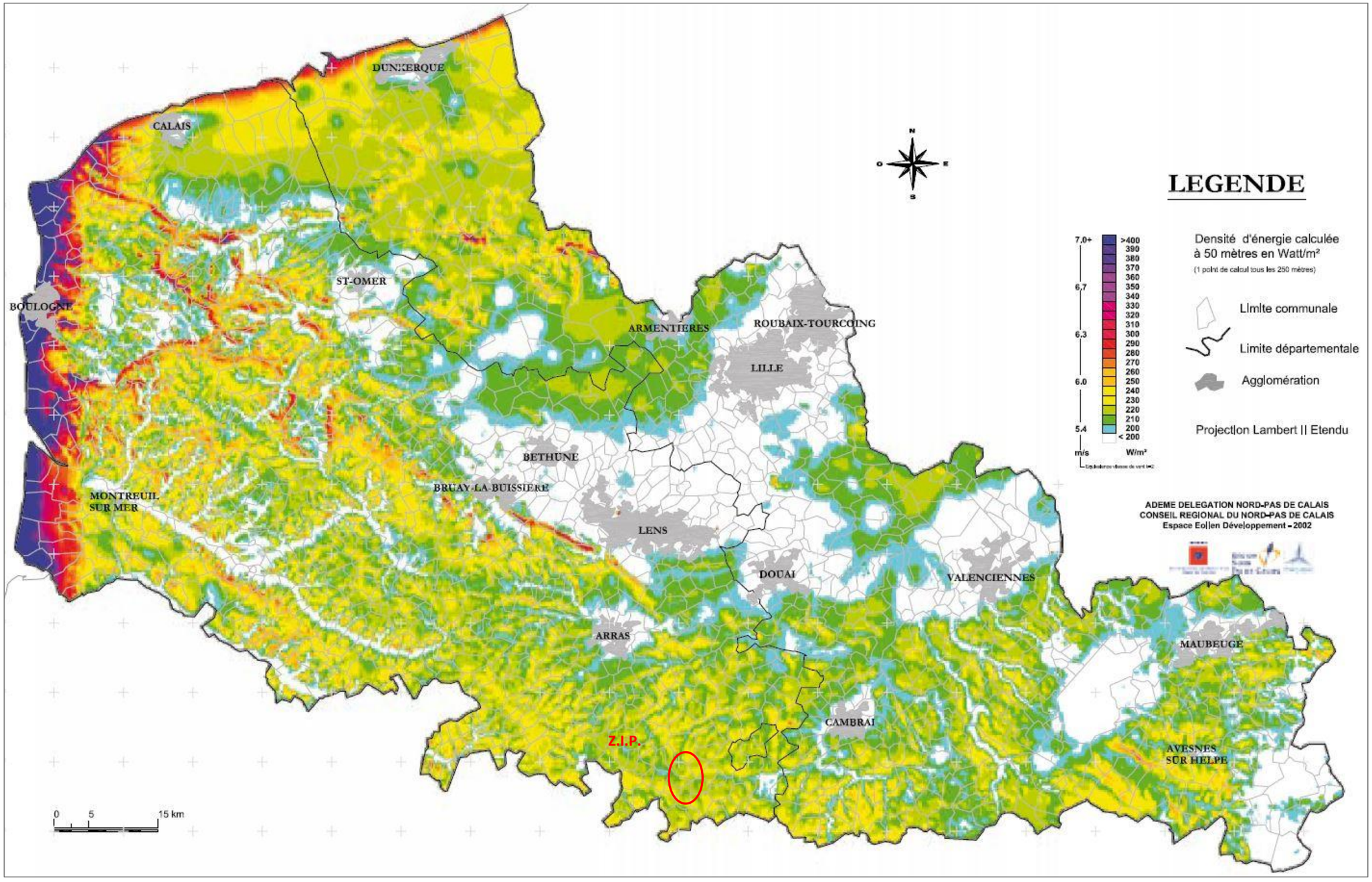



**Figure 9 : Potentiel éolien du Nord-Pas-de-Calais**

Source : SRE– Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais

## 3.2 - RISQUES MAJEURS

### 3.2.1 - RISQUES LIES A LA GEOLOGIE ET A LA GEOTECHNIQUE

#### 3.2.1.1 - Risque de mouvements de terrain / risque lié à la stabilité des sols

Les mouvements de terrain concernent l'ensemble des déplacements du sol ou du sous-sol, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique (occasionnés par l'homme). Parmi ces différents phénomènes observés, on distingue :

- les affaissements et les effondrements de cavités ;
- les chutes de pierres et éboulements ;
- les glissements de terrain ;
- les avancées de dunes ;
- les modifications des berges de cours d'eau et du littoral ;
- les tassements de terrain provoqués par les alternances de sécheresse et de réhydratation des sols
- le retrait-gonflement des argiles.

Une fois déclarés, les mouvements de terrain peuvent être regroupés en deux grandes catégories, selon le mode d'apparition des phénomènes observés. Il existe, d'une part, des processus lents et continus (affaissements, tassements…) et, d'autre part, des événements plus rapides et discontinus, comme les effondrements, les éboulements, les chutes de pierres, etc.

Les risques de glissements de terrain sont liés à la qualité du sol et du sous-sol et à la topographie. Dans le secteur d'étude, compte-tenu de la topographie peu marquée des terrains, les risques de glissements de terrain sont réduits.
En effet, l'éloignement de la Z.I.P. par rapport à des ruptures de pente va fortement limiter les risques de déstabilisation du sous-sol et donc les risques de glissement de terrain. Par ailleurs, compte-tenu de la nature du substrat, la portance semble bonne sur le secteur d'étude.

Le tableau ci-dessous liste les arrêtés de catastrophe naturelle concernant des mouvements de terrain déclarés sur les communes de la zone d'implantation potentielle.

**Tableau 13 : Catastrophes naturelles « mouvements de terrain » sur les communes d'implantation.**

Source : Géorisques

| Commune d'Haplincourt | | | |
|---|---|---|---|
| **Type de catastrophe** | **Début le** | **Fin le** | **Arrêté du** |
| Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain | 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 |
| **Commune de Bertincourt** | | | |
| **Type de catastrophe** | **Début le** | **Fin le** | **Arrêté du** |
| Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain | 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 |
| Mouvements de terrain | 03/10/2017 | 03/10/2017 | 21/11/2017 |
| **Commune de Lebucquière** | | | |
| **Type de catastrophe** | **Début le** | **Fin le** | **Arrêté du** |
| Effondrement de terrain | 02/11/1993 | 02/12/1993 | 27/05/1994 |
| Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain | 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 |
| Tassement de terrain | 30/01/2017 | 30/01/2017 | 09/03/2018 |
| **Commune de Vélu** | | | |
| **Type de catastrophe** | **Début le** | **Fin le** | **Arrêté du** |
| Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain | 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 |

Selon les données du site www.prim.net, les communes de la Z.I.P. sont toutes concernées par le risque lié au mouvement de terrain. Néanmoins, aucun plan de préventions de risque naturel lié aux mouvements de terrain n'a été prescrit sur les communes d'implantation.

Ainsi, en l'absence de prise en compte de façon explicite de ces risques par la mise en place d'un Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn), il est préconisé, suivant le degré de l'aléa, d'ancrer les fondations sur semelle suffisamment en profondeur par rapport à la zone superficielle du sol, afin de s'affranchir de la zone superficielle sensible à l'évaporation.

Aucune précision n'est faite par rapport aux seules éoliennes, mais il est mis en évidence les profondeurs minimales suivantes d'une façon générale :

- minimum de 80 centimètres en zone d'aléa faible à moyen,
- minimum de 120 centimètres en zone d'aléa fort.

Ces profondeurs d'ancrage s'ajoutent à celles imposées par la mise hors gel.
Les fondations doivent être ancrées de façon homogène sur tout le pourtour de l'édifice, il est important dans le cadre des terrains en pente, d'ancrer à l'aval comme à l'amont de façon aussi importante.
L'identification d'un sol sensible au retrait-gonflement des argiles peut être opérée de différentes façons, par une reconnaissance visuelle, une analyse du contexte géologique et hydrogéologique du terrain, analyse de la circulation des eaux, vérification de la capacité portant du sol et de l'adéquation du mode de fondation retenu.

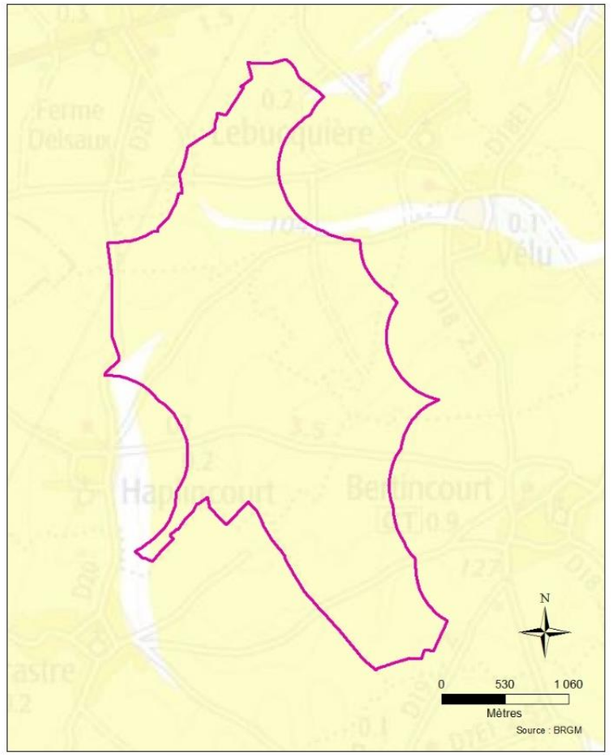
**La zone d'implantation potentielle se situe sur une zone à relief doux, où les risques de glissement de terrain sont faibles même s'ils ne peuvent être exclus.**
**Concernant le risque lié au retrait / gonflement des argiles établi par le BRGM, la zone d'implantation potentielle est située en zone d'aléa faible à nul.**
**Les communes de la ZIP sont concernées par un risque lié au mouvement de terrain mais ne font pas l'objet de PPRn.**

#### 3.2.1.2 - Retrait / gonflement des argiles

Le retrait-gonflement des argiles est un type particulier de risque lié aux mouvements de terrain. Selon la base de données du BRGM relative à ce risque, le retrait-gonflement des argiles est un phénomène lié à la modification de la teneur en eau des sols argileux. Cette modification entraîne un changement de volume de l'argile, et provoque un retrait des sols en cas d'assèchement, ou un gonflement en cas d'apport en eau : ces mouvements de terrain peuvent entraîner des fissurations au niveau du sol, mais aussi sur les constructions. La nature et l'épaisseur du sol, l'intensité des phénomènes climatiques, mais aussi la topographie, la végétation ou encore la présence d'eaux souterraines peuvent influencer ce phénomène.
Les caractéristiques de l'aléa ainsi que les modalités de prise en compte de ce risque sont précisées sur la base de données « Argiles » du BRGM.

**D'après la base de données du BRGM (www.georisques.gouv.fr), les communes de la zone d'implantation potentielle sont concernées par un risque lié au retrait/gonflement des argiles avec un aléa faible à nul. Au niveau de la zone d'implantation potentielle, l'aléa est faible à nul également.**

Les caractéristiques de l'aléa ainsi que les modalités de prise en compte de ce risque sont précisées sur la base de données « Argiles » du BRGM.




Aléa fort
Aléa moyen
Aléa faible
A priori nul

**Figure 10 : Aléa « retrait / gonflement des argiles »**

*Source : BRGM*

### 3.2.1.3 - Présence de karsts

La karstification rassemble les phénomènes de circulation d'eau à l'intérieur de massifs calcaires et de dissolution dans les formations crayeuses du substratum, pour l'écoulement interne des eaux vers le fleuve.
Il est à noter que les phénomènes de karsts sont plus fréquents en bord de plateau (en particulier en raison de phénomènes de décompression) que vers l'intérieur de ces mêmes plateaux. La probabilité de la présence de karsts va donc en diminuant avec l'éloignement de la rupture de pente marquant la fin des plateaux.

**Le phénomène de karst peut induire des affaissements localisés. Les études géotechniques menées préalablement à l'installation des éoliennes permettent d'appréhender les risques éventuels.**

### 3.2.1.4 - Présence de carrières d'exploitation de matériaux, notamment souterraines

Quelle que soit leur origine, les cavités souterraines sont responsables de deux formes de mouvements de terrain : les affaissements et les effondrements. Les premiers consistent en un abaissement lent et continu du niveau du sol sans rupture apparente alors que les seconds se manifestent par un mouvement brutal et discontinu du sol en direction de la cavité, laissant apparaître en surface un escarpement plus ou moins vertical (HUMBERT, 1972).
Parfois, les mouvements affectent des surfaces importantes. Ainsi, l'écrasement de la voûte de chambre d'exploitation souterraine détermine souvent un vaste entonnoir de plusieurs dizaines de mètres de diamètre et de quelques mètres de profondeur.

D'après le site Infoterre du BRGM et les informations fournies dans le Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUI) du Canton de Bertincourt, il existe des cavités souterraines sur la commune de Lebucquière. Des périmètres d'emprise probable de ces cavités sont également précisés dans le PLUi du Canton de Bertincourt. Ces cavités, appelées muches ou souterrains refuges, ont une origine militaire et servaient de refuges à la population en temps de conflits. Elles sont principalement concentrées sous les bourgs et ne concernent pas la zone d'implantation potentielle.

**D'après l'inventaire du BRGM, des cavités souterraines d'origine anthropique ainsi que leur zone d'emprise probable sont présentes sur les communes d'implantation mais pas sur la Z.I.P.**

## 3.2.2 - Risques d'inondations

### 3.2.2.1 - Généralités

Les inondations constituent un risque majeur sur le territoire national. En France, elles concernent une commune sur trois à des degrés divers selon le ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer.
L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Les crues des rivières proviennent des fortes pluies. On distingue les crues par débordement direct (le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur) et les crues par débordement indirect (remontée de la nappe alluviale). Elles ont lieu à la suite de longs épisodes pluvieux impliquant l'ensemble du bassin. Elles sont souvent prévisibles. Dans les secteurs où la topographie est marquée, existe également un risque de ruissellement en cas de fortes précipitations pouvant provoquer de graves dégâts. Parmi les facteurs aggravant le phénomène de pluviosité du fait de leur incidence sur le régime du cours d'eau, on peut citer :

- ⇨ les aménagements urbains,
- ⇨ l'imperméabilisation des surfaces,
- ⇨ la disparition des champs d'expansion des crues,
- ⇨ le mauvais entretien d'ouvrages hydrauliques anciens ou de certains cours d'eau,
- ⇨ les marées pour certains fleuves comme la Somme, la Seine....

Le Plan de Prévention des Risques (PPR) est un outil réglementaire, arrêté par l'Etat, afin de garantir la sécurité des biens et des personnes. Le Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI) est une servitude d'utilité publique opposable à tous, particuliers et collectivités. L'Etat y définit des règles cohérentes dans les domaines de l'urbanisme, la construction, l'agriculture et adaptées aux spécificités du territoire.
La commune de Vélu ne fait pas l'objet de plan de prévention des risques d'inondation.

**D'après le site www.prim.net du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'Energie, seule la commune de Vélu est concernée par le risque lié aux inondations. Aucune commune de la zone d'implantation potentielle n'est concernée par un PPRi.**

### 3.2.2.2 - Inondation par débordement de cours d'eau

D'après les données provenant de la base de données www.prim.net, aucune des communes n'est concernée par le risque inondation par débordement de cours d'eau.

### 3.2.2.3 - Inondations par remontée de nappes

La commune de Vélu est concernée par un risque de remontée de nappe au niveau du fossé de Vélu notamment. La figure suivante présente la cartographie du phénomène de remontée de nappes sur la Z.I.P.

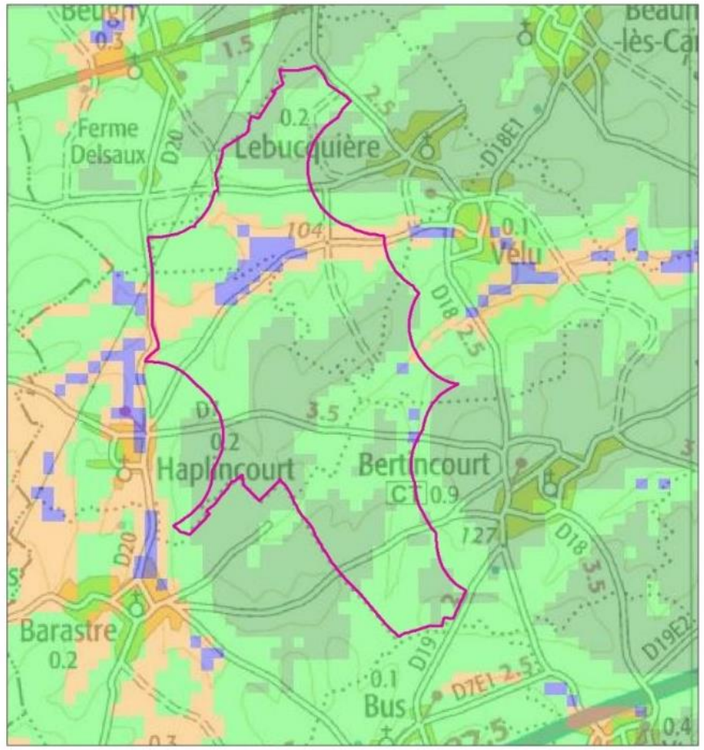


**Figure 11 : Risque d'inondation par remontée de nappe**

Source : BRGM

**La zone d'implantation potentielle présente un risque d'inondation par remontée de nappe allant de très faible à très élevé selon les secteurs.**

### 3.2.2.4 - Inondation par ruissellement et coulée de boue

Malgré la régularité de la topographie, le risque lié aux coulées de boues et au ruissellement est notable sur les communes d'implantation. En effet, un arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle commun à toutes ces communes concernant des inondations, coulées de boue et mouvements de terrain en 1999. La faible perméabilité des terrains limoneux, la faible présence de végétation et les pratiques agricoles sont autant de facteurs qui contribuent à accélérer le ruissellement pouvant contribuer à une forte érosion des sols. Cette problématique connue dans la région devra faire l'objet de vigilance.

### 3.2.2.5 - Synthèse

**La zone d'implantation potentielle est en dehors des zones inondables par débordement de cours d'eau. Elle est concernée par un risque d'inondation par ruissellement et par le risque lié aux remontées de nappes (aléa très faible à très élevé).**

## 3.2.3 - Risques sismiques

Un séisme ou tremblement de terre se traduit en surface par des vibrations du sol. Il provient de la fracturation des roches en profondeur ; celle-ci est due à l'accumulation d'une grande énergie qui se libère, créant des failles, au moment où le seuil de rupture mécanique des roches est atteint. Les dégâts observés en surface sont fonction de l'amplitude, la fréquence et la durée des vibrations.

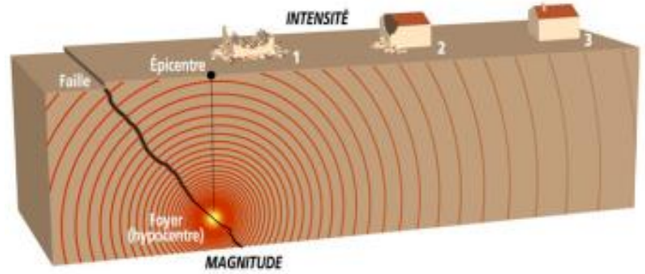



**Figure 12 : Schéma synoptique d'un séisme**

Source : Prim.net

Suite à la publication des nouveaux textes réglementaires en date du 22 octobre 2010 (décrets n°2010-1254 et 2010-1255, arrêté du 22 octobre 2010) relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », de nouvelles règles de construction parasismique sont à appliquer pour les bâtiments à « risque normal » sur le territoire national depuis le 1er mai 2011.
Pour chaque commune, il est défini cinq zones de sismicité croissante selon l'aléa sismique :

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

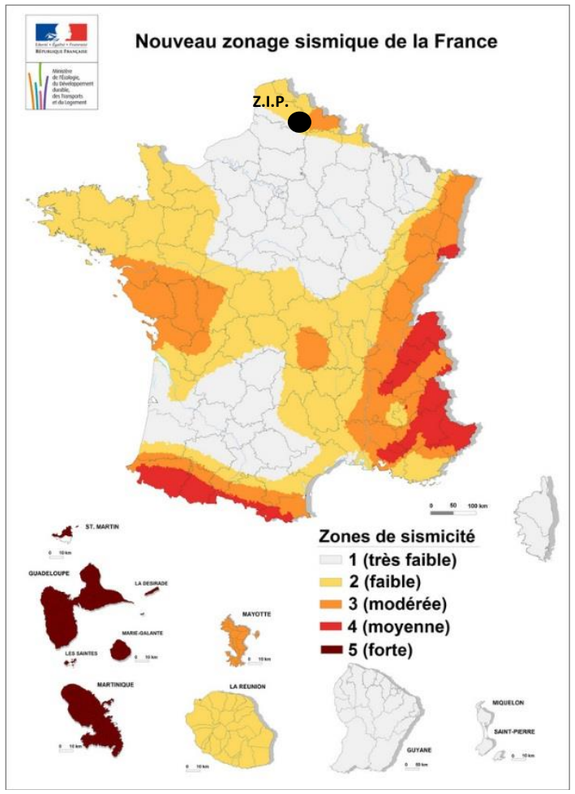



**Figure 13: Carte des zones sismiques en France**

Source: www.risquesmajeurs.fr

Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, les bâtiments de la classe dite à « risque normal » sont répartis en 4 catégories d'importance définies par l'article R. 563-3 du code de l'environnement.
Les bâtiments des centres de production collective d'énergie répondant au moins à l'un des trois critères suivants, quelle que soit leur capacité d'accueil, sont classés en catégorie III :

- ⇨ la production électrique est supérieure au seuil de 40 MW électrique ;
- ⇨ la production thermique est supérieure au seuil de 20 MW thermique ;
- ⇨ le débit d'injection dans le réseau de gaz est supérieur à 2 000 $Nm^3/h$.

Le projet éolien du Sud Artois aura une puissance totale de 28,8 MW. Il n'est donc pas classé en catégorie III et donc n'est pas soumis aux règles parasismiques que ce soit pour les éoliennes ou pour les bâtiments techniques associés (postes de livraison).

**Les communes de la zone d'implantation potentielle sont situées en zone de sismicité 2, c'est-à-dire en zone à sismicité faible.**
**Selon la réglementation en vigueur, le projet éolien du Sud Artois n'est pas soumis aux règles parasismiques que ce soit pour les éoliennes ou pour les bâtiments techniques associés.**

### 3.2.4 - Risques d'incendie

Les feux de forêts sont des sinistres qui se déclarent et se propagent dans des formations, d'une surface minimale d'un hectare pouvant être :

- ⇨ des forêts : formations végétales, organisées ou spontanées, dominées par des arbres et des arbustes, d'essences forestières, d'âges divers et de densité variable ;
- ⇨ des formations subforestières : formations d'arbres feuillus ou de broussailles appelées maquis (formation végétale basse, fermée et dense, poussant sur des sols siliceux) ou garrigue (formation végétale basse mais plutôt ouverte et poussant sur des sols calcaires).

La zone d'implantation potentielle abrite deux boisements : le bois Savary sur la commune de Bertincourt et le bois de Montplaisir sur la commune de Vélu.
Selon la base de données www.prim.net, **aucune des communes de la Z.I.P. n'est concernée par le risque d'incendie**. Toutefois, compte-tenu de la présence de boisements, tout risque d'incendie de forêt ne peut être totalement exclu même s'il reste très faible.

**La zone d'implantation potentielle n'est pas concernée par le risque d'incendie.**

### 3.2.5 - Risques meteorologiques

Le territoire de la France est soumis de manière irrégulière à des événements météorologiques dangereux, qualifiés d'exceptionnels, et cela en référence aux moyennes climatologiques.
En raison de leur intensité, de leur durée ou de leur étendue, ces phénomènes peuvent avoir de graves conséquences sur la sécurité des populations et sur l'activité économique. Ils peuvent être de différentes natures :

- ⇨ tempêtes et vents violents ;
- ⇨ situations orageuses très actives ;
- ⇨ fortes précipitations pouvant entraîner des crues importantes ;
- ⇨ chutes de neige et de pluies verglaçantes ;
- ⇨ vagues brutales de froid intense.

#### 3.2.5.1 - Risque de tempête

Selon la base de données www.risquesmajeurs.fr, la tempête est un phénomène qui nait lors de la rencontre entre deux masses d'air de caractéristiques différentes (température, teneur en eau) : elle correspond à une perturbation atmosphérique – ou dépression. Toutefois, sont qualifiés de tempête les vents dont la vitesse dépasse un seuil de 89 km/h, ce qui correspond au degré 10 de l'échelle de Beaufort ; laquelle définit la force des vents en fonction de leurs effets sur l'environnement, selon une classification s'échelonnant sur 12 niveaux.

Les enjeux liés au risque tempête sont multiples et concernent à la fois la population (risque de blessure voire risque mortel...), l'économie (destruction d'infrastructures, interruption des trafics,…) mais aussi l'environnement (chutes d'arbres, pollution des terres,…).

**Les communes de la Z.I.P. ne sont pas concernées par le risque de tempête.**

#### 3.2.5.3 - Risque lié à la foudre

L'activité orageuse est appréciée par la densité d'arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre par km² et par an. La moyenne française est de 1,59 arc/km²/an. A titre de comparaison, la commune de France la plus foudroyée est Beauvezer (04) avec une Da de 7,97 arcs/km²/an. La commune la moins foudroyée est Guilvinec (29) avec une Da de 0,06 arc/km²/an.
La densité d'arcs du département du Pas-de-Calais est de 0,93 arc/km²/an, ce qui est inférieur à la moyenne nationale (1,59 arc/km²/an).

**Les communes de la Z.I.P. ne sont pas situées dans une zone à risque sur le plan de la foudre.**

### 3.2.6 - Plan de Prevention des Risques Naturels (PPRn)

La prévention du risque naturel consiste à **assurer la sécurité des personnes et des biens** en tenant compte des phénomènes naturels. Elle vise à permettre un développement durable des territoires, en assurant une sécurité maximum des personnes et un très bon niveau de sécurité des biens.
Les risques naturels ne sont pas forcément inéluctables et incontrôlables. Ils peuvent être réduits voire évités avec une politique de prévention adaptée. Le **Plan de Prévention des Risques (PPR)** est l'outil privilégié de cette politique. Réalisé par l'Etat, il réglemente l'utilisation des sols en fonction des risques naturels auxquels ils sont soumis. Cette réglementation va de l'interdiction de construire à la possibilité de construire sous certaines conditions.

**Aucune commune de la zone d'implantation potentielle n'est concernée par un PPRi.**

### 3.2.7 - Synthese

En résumé, au niveau de la zone d'implantation potentielle, on peut noter :

- ⇨ un faible risque de mouvement de terrain,
- ⇨ un faible risque lié au retrait-gonflement des argiles,
- ⇨ l'absence de cavités souterraines anthropiques connues,
- ⇨ un risque réel de remontée de nappe pouvant être très élevé,
- ⇨ un risque d'inondation par ruissellement et coulées de boue,
- ⇨ pas de risque de tempête,
- ⇨ un risque sismique faible,
- ⇨ un risque faible d'incendie de forêt.

# 4 - ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE

## 4.1 - ZONES URBANISEES ET URBANISABLES

### 4.1.1 - POPULATION

Le tableau suivant présente l'évolution des populations des communes concernées par la zone d'implantation potentielle entre les recensements de 2007 et de 2012 :

| Commune | Population totale 2007 | Population totale 2012 |
|---|---|---|
| **Haplincourt** | **197** | **187** |
| **Vélu** | **128** | **133** |
| **Lebucquière** | **231** | **254** |
| **Bertincourt** | **932** | **914** |

**Tableau 14 : Population en 2007 et 2012 sur les communes de la Z.I.P.**

Source : INSEE

Le tableau suivant présente les superficies et les densités des communes de la ZIP :

| Commune | Superficie (en km²) | Densité |
|---|---|---|
| **Haplincourt** | 5,1 | 36,6 |
| **Vélu** | 3,1 | 42,4 |
| **Lebucquière** | 4,8 | 53,5 |
| **Bertincourt** | 7,6 | 120,6 |

**Tableau 15 : Superficie et densité de population sur les communes de la Z.I.P.**

Source : INSEE

### 4.1.2 - HABITAT

L'habitat sur **Haplincourt** est concentré dans le bourg et le long des routes départementales D7 et D20. Le bourg est situé au sud-est du territoire communal. Une grande superficie du territoire est occupée par des espaces agricoles non habités.
L'habitat sur **Vélu** est concentré dans le bourg situé au nord du territoire communal. Une grande superficie du territoire est occupée par des espaces agricoles et des espaces boisés non habités.
L'habitat sur **Lebucquière** est concentré dans le bourg situé à l'est sur le territoire communal. Une grande superficie du territoire est occupée par des espaces agricoles non habités.
L'habitat sur **Bertincourt** est concentré pour la majorité dans le bourg, situé en position centrale sur le territoire communal. Quelques habitations se trouvent en bordure de la route départementale D7. Une grande superficie du territoire est occupée par des espaces agricoles non habités.

Le tableau suivant présente les distances entre la zone d'implantation potentielle et les habitations ou zones d'habitat les plus proches :

| Commune | Lieu-dit | Distance par rapport à la Z.I.P. |
|---|---|---|
| Barastre | L'Epinette | 515 mètres |
| Haplincourt | Le Moulin | 500 mètres |
| Vélu | La Vallée | 430 mètres |
| | La Laiterie | 505 mètre |
| Lebucquière | Chemin de Creux | 624 mètres |
| | Sole de la Chapelle | 500 mètres |
| Bertincourt | Stèle | 500 mètres |
| | Le Marquail | 500 mètres |
| | le Ruyot des Charmes | 515 mètres |
| Bus | Bourg | 576 mètres |
| Beugny | Les Quatre Chemins | 500 mètres |
| | D20 | 500 mètres |
| | Le Guival | 525 mètres |
| Frémicourt | La Fontaine | 1900 mètres |
| Morchies | Fossé Mousquet | 500 mètres |

**Tableau 16 : Distance entre les limites de la Z.I.P. et le bâti le plus proche**

L'habitation la plus proche de la ZIP est localisée à 430m de la Z.I.P. au niveau du lieu-dit de la Vallée sur la commune de Vélu. C'est la seule habitation située à moins de 500m la Z.I.P.
Toutefois, il convient de préciser que conformément à la réglementation, les éoliennes seront implantées à plus de 500 m de toute habitation. La ZIP englobant un territoire d'étude nécessairement plus important que l'emplacement du projet final, les distances entre celle-ci et les habitations peuvent être inférieures à 500 m.

Le tableau suivant présente les distances les plus courtes entre chaque éolienne et les zones d'habitat des communes du secteur :

| Eolienne | Distance à l'habitation la plus proche (m) | Commune | Lieu-dit |
|---|---|---|---|
| E1 | 675 | Beugny | Le Guival |
| E2 | 755 | Beugny | Ferme Delsaux |
| E3 | 1050 | Beugny | Ferme Delsaux |
| E4 | 580 | Haplincourt | Le Moulin |
| E7 | 1438 | Vélu | La Laiterie |
| E9 | 880 | Vélu | La Laiterie |
| E10 | 900 | Bertincourt | Stèle |
| E11 | 915 | Bertincourt | Le Marquail |

**Tableau 17 : Distance la plus courte entre les éoliennes et les zones d'habitat**

## 4.2 - DOCUMENTS D'URBANISME

Le tableau suivant présente les documents d'urbanisme sur les communes de la zone d'implantation potentielle :

**Tableau 18 : Liste des documents d'urbanisme effectifs sur les communes d'implantation**

Source : Mairie des communes

| Commune | Document d'urbanisme | Date d'approbation |
|---|---|---|
| Haplincourt | PLUI | Février 2015 |
| Vélu | PLUI | Février 2015 |
| Lebucquière | PLUI | Février 2015 |
| Bertincourt | PLUI | Février 2015 |

Sur les communes d'implantation, la ZIP est située majoritairement en zone agricole. Le bois de Savary est une zone naturelle.

**Les communes concernées par la zone d'implantation potentielle disposent d'un PLU intercommunal (PLUi du Canton de Bertincourt). Selon ce PLUI, la ZIP est située majoritairement en zone agricole.**
**La zone d'implantation potentielle se situe majoritairement dans un zonage où les parcelles permettent une éventuelle implantation d'éoliennes à plus de 500 m des habitations.**
**L'implantation des éoliennes devra tenir compte des éléments réservés et des éléments protégés définis dans le PLUi du Canton de Bertincourt.**

## 4.3 - LES ETABLISSEMENTS SENSIBLES ET LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC AU NIVEAU DE L'AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE

### 4.3.1 - ETABLISSEMENTS SENSIBLES

Le Plan National Santé-Environnement (P.N.S.E.) établi pour la période 2009-2013 liste les établissements dits « sensibles ». Il s'agit :

- des crèches,
- des écoles maternelles et élémentaires,
- des établissements hébergeant des enfants handicapés,
- des collèges et lycées,
- des établissements de formation professionnelle des jeunes du secteur public ou privé,
- des aires de jeux et des espaces verts.

Les établissements sensibles les plus proches de la zone d'implantation potentielle sont présentés dans le tableau suivant :

| Commune | Type d'établissement | Effectif | Distance par rapport à la Z.I.P. |
|---|---|---|---|
| Bertincourt | Collège | 270 | 915 m |
| Frémicourt | Ecole | 24 | 2300 m |
| Barastre | Ecole | 26 | 720 m |
| Beugny | Ecole | 21 | 1000 m |
| Lebucquière | Ecole | 27 | 640 m |
| Bertincourt | Ecole | 160 | 835 m |

**Tableau 19 : Etablissements sensibles à proximité de la Z.I.P.**

Sources : Rectorat de l'académie de Lille.

**Il n'y a pas d'établissement sensible à moins de 500 m de la zone d'implantation potentielle. L'établissement sensible le plus proche est une école, qui se situe à 640 m de la Z.I.P. sur la commune de Lebucquière.**

### 4.3.2 - ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (E.R.P.) AU NIVEAU DE L'AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE

Selon l'article R 123-2 du Code de la construction et de l'habitation, « *constituent des Etablissements Recevant du Public, tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises soit librement, soit moyennant une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitations, payantes ou non* ».
Ces établissements sont classifiés selon leur type. Il peut s'agir d'établissements installés dans un bâtiment (structures d'accueil pour personnes âgées ou handicapées, salles d'audition, de conférences, de réunions, de spectacles, salles de danse, et salles de jeux, bibliothèques, établissement de soins, de culture, administrations,…), d'établissements spéciaux (parcs de stationnement couverts, gares accessibles au public,…) ou d'immeuble de grande hauteur (bureaux, enseignement, dépôt d'archives,…).
Les données relatives aux Etablissements Recevant du Public ont été ont été demandées aux mairies des communes concernées.
Il a été mis en évidence qu'au niveau de l'aire d'étude rapprochée, l'essentiel de ces E.R.P. est constitué des mairies, salles de fêtes et lieux de culte, généralement implantés au cœur du bourg ou dans les villages.
L'ERP le plus proche se trouve à environ 640 mètres des limites de la zone d'implantation et à 840 m de l'éolienne la plus proche. Il s'agit de l'école primaire de Lebucquière.

### 4.3.4 - Activites

La principale activité économique sur les communes concernées par la zone d'implantation potentielle est l'agriculture. Le nombre d'établissements agricoles ayant leur siège dans chacune de ces communes et leur orientation technico-économique sont présentées dans le tableau ci-dessous :

| Commune | Nombre d'exploitations | Orientation technico-économique |
|---|---|---|
| Haplincourt | 6 | Culture générale |
| Vélu | 4 | Culture générale |
| Lebucquière | 6 | Culture générale |
| Bertincourt | 10 | Culture générale |

**Tableau 20 : Exploitation agricoles ayant leur siège sur les communes de la Z.I.P. et leur orientation technico-économique.**

Source : Recensement agricole 2010

## 4.4 - RESEAUX DE TRANSPORTS

### 4.4.1 - Reseaux routiers

#### 4.4.1.1 - Principales routes

Haplincourt est desservie par les routes principales suivantes :

- ⇨ les routes départementales D 7, D 20.
- ⇨ plusieurs voies communales.

Vélu est desservie par les routes principales suivantes :

- ⇨ les routes départementales D 18, D 18E1
- ⇨ plusieurs voies communales.

Lebucquière est desservie par les routes principales suivantes :

- ⇨ la route départementale D 18,
- ⇨ plusieurs voies communales.

Bertincourt est desservie par les routes principales suivantes :

- ⇨ les routes départementales D 19, D 18 et D 7,
- ⇨ plusieurs voies communales.
- ⇨ la route départementale d'importance D 930,
- ⇨ la route départementale D 7E1,
- ⇨ plusieurs voies communales.

**La zone d'implantation potentielle est située entre la route départementale D930 au nord et l'autoroute A2 au sud. Elle est traversée par la route départementale D7 et plusieurs voies communales et bordée par les routes départementales D18, D19, D20.**

L'autoroute A2 se trouve à environ 2,3 km de l'éolienne la plus proche (E11). La route départementale D930 se trouve à 0,94 km de l'éolienne la plus proche (E1). La route départementale D7 se trouve à 185m de l'éolienne la plus proche (E10).

#### 4.4.1.2 - Comptages routiers

D'après les données du Conseil Départemental du Pas-de-Calais, les comptages routiers en moyenne journalière annuelles tous véhicules (MJATV) effectués sur les routes dans le secteur de la Z.I.P. sont présentés dans le tableau ci-après.

| Route | Localisation | Nombre total de véhicules par jour (en MJATV) |
|---|---|---|
| RD 930 | Beugny | 2548 |
| RD 18 | Beugny | 675 |
| RD 18 | Lebucquière | 358 |
| RD 18 | Lebucquière | 683 |
| RD 18 | Vélu | 961 |
| RD 18 | Bertincourt | 766 |
| RD 20 | Beugny | 469 |
| RD 20 | Haplincourt | 288 |
| RD 20 | Barastre | 459 |
| RD 20 | Barastre | 217 |
| RD 7 | Haplincourt | 1284 |
| RD 7 | Haplincourt | 1146 |
| RD 7 | Haplincourt | 1447 |
| RD 7E1 | Bus | 121 |

**Tableau 21 : Comptages routiers**

Source : Conseil Départemental du Pas-de-Calais

#### 4.4.1.3 - Accidentologie

Le tableau suivant indique l'accidentologie sur les routes départementales à proximité de la Z.I.P. entre 2009 et 2014 :

| Année | Route | Nombre d'accidents | Tués | BH | BL |
|---|---|---|---|---|---|
| 2009 | RD 18 à Vélu | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2011 | RD 930 à Frémicourt | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 2012 | RD 20 à Beugny | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2014 | RD 20 Haplincourt | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 2014 | RD 19 Bertincourt | 1 | 0 | 1 | 0 |
| TOTAL | | 5 | 2 | 6 | 1 |

BH : blessé hospitalisé BL : blessé léger

**Tableau 22 : Données de l'accidentologie depuis 2009**

Source : Conseil Départemental du Pas-de-Calais

D'après les données du Conseil Départemental du Pas-de-Calais, 5 accidents ont eu lieu à proximité de la Z.I.P. depuis le 1er janvier 2009. Ils se sont produits sur les routes départementales D18, D19, D20 et D930.

#### 4.4.1.4 - Voie ferrée

**Selon le site internet du Réseau Ferré de France (www.rff.fr), les communes concernées par la zone d'implantation potentielle n'ont pas de voie ferrée.**

La voie ferrée la plus proche est une ligne grande vitesse située à 4,5 km à l'ouest.

#### 4.4.1.5 - Autres infrastructures

**Il n'y a pas d'autres infrastructures de transport (aéroport, port,…) sur les communes d'implantation. On note cependant une voie navigable à 3 km environ à l'est de la Z.I.P. : le canal du Nord.**

## 4.5 - RESEAUX

### 4.5.1 - Reseau d'alimentation en eau potable

Selon les informations fournies par le site internet « Réseaux et Canalisations » de l'INERIS et les services de VEOLIA, il existe des canalisations d'eau potable sur la Z.I.P au niveau des communes de Vélu et Lebucquière. Ces canalisations relient le captage du Syndicat Intercommunal d'Achiet-Bapaume-Ervillers, sur la commune de Lebucquière au centre bourg d'Haplincourt, et le captage d'eau potable du Syndicat des Eaux de Beaumetz-Lebucquière-Vélu sur la commune de Vélu au centre bourg de Vélu.

**Il existe des canalisations d'eau potable sur la zone d'implantation potentielle reliant les captages d'eau potable aux bourgs d'Haplincourt et de Vélu.**

L'éolienne la plus proche de la canalisation Veolia Ouest (E4) se trouve à 71 m. L'éolienne la plus proche de la canalisation Veolia Est (E9) se trouve à 920 m.

### 4.5.2 - Reseau d'assainissement

L'assainissement sur les communes concernées par la zone d'implantation potentielle est de type individuel ou collectif selon les secteurs. D'après les informations fournies par le site « Réseaux et Canalisations » de l'INERIS, il n'y a pas de canalisation pour l'assainissement collectif au niveau de la Z.I.P.

**Il n'y a pas de canalisation pour l'assainissement collectif au niveau de la zone d'implantation potentielle.**

### 4.5.3 - Reseau electrique

Selon les données fournies par ENEDIS en mars 2015, plusieurs lignes électriques sont présentes sur les communes concernées par la zone d'implantation potentielle (Une demande de mise à jour de ces informations, actuellement en cours de traitement, a été effectuée) :

- ⇨ des lignes électriques Basse Tension (BT, transportant de 50 à 1000 V en alternatif et de 120 à 1500 V en courant continu lisse) aériennes, souterraines et torsadées,
- ⇨ des lignes électriques Haute Tension A (HTA, transportant de 1 à 50 kV en alternatif et de 1,5 à 75 kV en continue lisse), aériennes et souterraines.

Les lignes électriques d'ENEDIS traversant la Z.I.P. sont les suivantes :

- ⇨ deux lignes Haute Tension A (HTA) souterraines sur la commune de Lebucquière,
- ⇨ une ligne HTA aérienne sur les communes d'Haplincourt et de Beugny,
- ⇨ une ligne HTA aérienne sur la commune de Vélu,

De son coté, RTE dispose d'une ligne Très Haute Tension (225 kV) traversant la zone d'implantation potentielle au niveau des communes de Lebucquière et Haplincourt.
L'arrêté interministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique n'envisage pas expressément de distance d'éloignement entre les éoliennes et les ouvrages électriques.
RTE conseille les distances de sécurité (DS) suivantes par rapport à l'axe des lignes électriques (avec H : hauteur du mat et D : diamètre du rotor) :

- ➢ lignes électriques entre 225 et 400 kV :

$$DS = 1,4 \times (H + D/2)$$

avec un minimum correspondant à la hauteur des éoliennes + 50m

- ➢ lignes électriques entre 63 et 150 kV :

$$DS = 1,2 \times (H + D/2)$$

avec un minimum correspondant à la hauteur des éoliennes + 50m

Il conviendra de respecter une distance de 210m à la lige RTE. Les lignes d'ENEDIS ne font pas l'objet de distance à respecter.

**L'éolienne la plus proche (E1) de la ligne électrique à haute tension de 225 kV se trouve à 215 m. L'éolienne la plus proche de la ligne électrique d'ENEDIS (E4) est à 115m de cette dernière.**

### 4.5.4 - Canalisation de gaz

D'après le site « Réseau et Canalisation » de l'INERIS, il n'y a pas de canalisation de gaz sur le périmètre de la Z.I.P.

**Il n'y a pas de canalisation de gaz sur la zone d'implantation potentielle.**

### 4.5.5 - Pipeline d'hydrocarbures

D'après les informations fournies par le site « Réseaux et Canalisations » de l'INERIS, il n'y a pas de canalisations d'hydrocarbures exploitées sur la Z.I.P.

**Il n'y a pas de pipelines d'hydrocarbures sur la zone d'implantation potentielle.**

### 4.5.6 - Reseau de telecommunication

D'après les données disponibles sur les sites internet www.cartoradio.fr et www.anfr.fr, les communes de Beugny, Lebucquière, Vélu et Frémicourt sont traversées par un faisceau d'Orange soumis à une contrainte radioélectrique de type PT2LH. Un pylône autostable d'Orange est présent sur la commune de Bertincourt.
D'après le PLUi du Canton de Bertincourt, la servitude PT2LH traversant la Z.I.P. au niveau des communes de Bertincourt, Beugny, Frémicourt et Vélu consiste en un couloir de 100 mètres.

**La zone d'implantation potentielle est concernée par des servitudes radioélectriques ainsi que antennes relais.**

### 4.5.7 - Radiotelephonie

D'après la société Bouygues Telecom consultée dans le cadre du présent projet, un faisceau hertzien relevant de leur service traverse la Z.I.P. Il est susceptible d'être impacté par le projet. Ce faisceau traverse les communes d'Haplincourt, de Lebucquière et de Vélu.
La société Orange dispose de conduites et artères de télécommunication sur les communes concernées par la zone d'implantation potentielle mais ces ouvrages ne sont pas localisés sur la Z.I.P.
Les sociétés SFR et Free ont également été consultées mais n'ont pas répondu à la consultation.

**Un faisceau hertzien de la société Bouygues Telecom traverse la Z.I.P. Il devra être pris en compte pour définir l'implantation des éoliennes.**

### 4.5.8 - Servitudes electriques

Une ligne à Très Haute Tension (225 kV) est présente sur les communes de Lebucquière et Haplincourt. Elle présente une servitude imposant l'éloignement des éoliennes de 210 m dans le cas présent.
L'éolienne la plus proche (E1) de la ligne électrique à haute tension de 225 kV sera à 215 m c'est-à-dire en dehors de la servitude.

**Les éoliennes seront en dehors des servitudes des lignes électriques à haute tension.**

### 4.5.9 - Servitudes relatives aux canalisations de gaz

Selon les informations du site « réseau et canalisation » de l'INERIS, il n'y a pas de canalisation de gaz sur le périmètre de la zone d'implantation potentielle.

**La zone d'implantation potentielle et par conséquent les éoliennes sont en dehors de toute servitude relative à des canalisations de gaz.**

### 4.5.10 - Servitudes relatives aux canalisations d'hydrocarbures

D'après les informations disponibles, il n'y pas de pipeline d'hydrocarbures sur les communes de la ZIP.

**La zone d'implantation potentielle et par conséquent les éoliennes sont en dehors de toute servitude relative à des canalisations d'hydrocarbures.**

### 4.5.11 - Servitudes radioelectriques

Les servitudes radioélectriques de protection ont pour objectif d'empêcher que des obstacles ne perturbent la propagation des ondes radioélectriques émises ou reçues par les centres de toutes natures exploités ou contrôlés par les différents départements ministériels.
D'après l'Agence Nationale des Fréquences (A.N.F.R.) et le site www.cartoradio.fr, les communes de Vélu, Lebucquière et Beugny sont grevées par une servitude de type PT2LH (servitudes de protection contre les obstacles pour une liaison hertzienne) liée à la présence du faisceau d'Orange les communes de Bertincourt et Vélu sont grevées par une servitude de type PT2 (servitude de protection contre les obstacles) lié à la station du faisceau Orange.
Il est toutefois à noter que les servitudes radioélectriques dont bénéficiaient France Télécom et Télédiffusion de France, instituées avant le changement de statut de ces deux entreprises sur la base des articles L.54 et L.57 du code des postes et des communications électroniques, n'ont plus de base légale et doivent être abrogées. Il ne s'agit donc plus de servitudes au sens réglementaire du terme.
D'après le PLUi de Bertincourt, une servitude de 100m de large est associée au faisceau hertzien, c'est-à-dire de 50m de part et d'autre de ce faisceau.

**D'après le plan des servitudes du PLUi du Canton de Bertincourt, la zone d'implantation potentielle est grevée par une servitude de type PT2LH autour du faisceau d'Orange traversant la Z.I.P. Cette servitude est de 50 m de part et d'autre du faisceau hertzien soit 100 m de large.**

### 4.5.12 - Servitudes et contraintes concernant les lignes telephoniques

Selon les informations transmises par Bouygues Telecom en mars 2015, un faisceau hertzien de l'opérateur traverse la Z.I.P. Ce faisceau a une largeur de 50 m et Bouygues Telecom préconise un éloignement de 150 m. Bien que n'ayant pas valeur de servitude règlementaire, ce faisceau est une contrainte. Un éloignement de 175 m par rapport à l'axe central du faisceau est préconisé. Une demande de mise à jour de ces informations, actuellement en cours de traitement, a été effectuée.
Les services d'Orange préconisent eux le respect d'une distance de 500m de largeur totale (soit 250m de chaque côté de la liaison) autour du faisceau faisant l'objet d'une servitude PT2LH et de 3000m de diamètre autour de la station PT2.
Concernant ces deux opérateurs, les distances préconisées ne sont pas des servitudes au sens règlementaires. Elle sont des contraintes pour le projet, et EDF EN devra se rapprocher de ces opérateurs pour trouver un arrangement en cas de non-respect de ces contraintes.

Il n'y a pas de servitudes concernant la téléphonie mais des contraintes sur la Z.I.P. : Un faisceau hertzien de Bouygues Telecom traverse la Z.I.P. et une distance de 150 m est préconisée entre le faisceau hertzien et les éoliennes (soit une distance de 175 m par rapport à l'axe central du faisceau). Les services d'Orange préconisent eux un le respect d'une distance de 500m de largeur totale à leur faisceau et de 3000m de diamètre autour de la station PT2 de Bertincourt.

### 4.5.13 - Servitudes aeronautiques

#### 4.5.13.1 - Aviation civile

Les servitudes aéronautiques sont destinées à assurer la protection d'un aérodrome contre les obstacles, de façon à ce que les avions puissent y atterrir et en décoller dans de bonnes conditions de sécurité et de régularité.
Une demande, actuellement en cours de traitement, a été envoyée à la DGAC afin de connaître les potentielles servitudes sur la zone.

#### 4.5.13.2 - Aviation militaire

Les servitudes liées aux activités militaires sont de plusieurs types :

- ⇨ plancher et plafond aérien ;
- ⇨ périmètres de radar (avec une distinction pour les périmètres de 0 à 5, de 5 à 20 et de 20 à 30 kilomètres) ;
- ⇨ faisceaux hertziens.

a) Réseau de vol à très basse altitude

Une demande de renseignements concernant les servitudes liées au réseau de vol à très basse altitude a été envoyée à l'Armée de l'air. Cette demande est en cours de traitement.

b) Les radars fixes

D'une manière générale, dans un périmètre de 0 à 30 kilomètres autour des radars de bases aériennes militaires, une étude spécifique détermine les conditions d'implantation de parc éolien :

- ⇨ en dessous de 5 km : exclusion ;
- ⇨ entre 5 et 20 km : exclusion ou coordination ;
- ⇨ entre 20 et 30 km : accord ou coordination.

La notion de coordination est fonction du nombre d'éoliennes et de leur S.E.R. (Surface Équivalente Radar), ainsi que des paramètres opérationnels.
Selon les informations recueillies auprès du Commandement de la Défense Aérienne et des Opérations Aériennes, une partie de la zone d'implantation potentielle se situe dans les 5 à 20 km du radar Défense de la base aérienne de Cambrai soit en zone d'exclusion à partir de l'altitude de 88 m N.G.F. L'autre partie de la ZIP se situe dans les 20 à 30 km de ce radar Défense soit en zone de coordination à partir de l'altitude de 88 m N.G.F.
Toutefois, ce radar devra être arrêté à court ou moyen terme. La zone d'implantation potentielle sera alors en dehors des servitudes de l'Armée de l'air.
Une nouvelle demande de renseignements concernant les servitudes liées aux radars fixes a été envoyée à l'Armée de l'air. Cette demande est en cours de traitement.

c) Faisceau hertzien

Selon les informations fournies par la Direction des Systèmes d'Information et de Communication (DSIC) du Secrétariat Général pour l'Administration du Ministère de l'intérieur (SGAMA) Nord, la zone d'implantation potentielle n'est pas concernée par des servitudes radioélectriques relevant de leur compétence.

#### 4.5.13.3 - Aviation de loisirs

D'après les sites internet de la Fédération Française de Vol Libre, de la Fédération Française d'ULM et de la Fédération Française de Vol à Voile, il existe deux aéroclubs : un sur la commune de Cambrai à 20 km à l'ouest de la Z.I.P. et un sur la commune de Roclincourt à environ 25 km nord de la zone d'implantation potentielle.

### 4.5.14 - Servitudes de Meteo-France

Le **programme ARAMIS** concerne la mise en œuvre et l'exploitation en France des radars météorologiques permettant de localiser les précipitations (pluie, neige, grêle) et de mesurer leur intensité en temps réel. Le réseau ARAMIS comprend 20 radars de précipitations répartis sur le territoire métropolitain. Ils ont une portée d'environ 100 km pour la mesure et de 150 à 200 km pour la détection des phénomènes dangereux.
La présence d'éoliennes peut présenter des gênes pour l'utilisation des radars hydrométéorologiques. Le rapport en cours d'examen par l'Agence Nationale des Fréquences Radioélectriques fait état de 3 aspects :

- ⇨ l'occultation mécanique du faisceau radar par les obstacles métalliques que sont les éoliennes,
- ⇨ les échos fixes générés par ces mêmes obstacles,
- ⇨ le brouillage de l'information Doppler par la rotation des pales aboutissant à rendre impossible toute mesure de vent dans le voisinage du parc (ces mesures présentent un intérêt dans le cadre de la modélisation des prévisions météorologiques et permettent localement d'avoir une information pertinente sur les transports éventuels de polluants dans un cadre accidentel).

Concernant l'occultation mécanique et les échos fixes, l'ADEME préconise une distance d'au moins 10 km entre les éoliennes et le radar pour éviter l'occultation maximale de 10 % du faisceau radar.

Concernant le brouillage de l'information Doppler, Météo-France demande une distance d'exclusion de 5 km et une distance de coordination de 20 km pour les radars.

**Selon les renseignements de Météo-France, il n'y a pas de radar hydrométéorologique dans un rayon de 20 km autour de la zone d'implantation potentielle.**

Le radar le plus proche est situé à plus de 78 km de la zone d'implantation potentielle (radar d'Abbeville).

La figure ci-après présente la localisation des radars hydrométéorologiques de Météo-France sur le territoire français et la localisation des communes du projet.

**Figure 14 : Zone de protection et zones de coordination pour l'implantation des parcs éoliens à proximité des radars météorologiques de Météo-France**

Source : Météo France

### 4.5.15 - Servitudes de protection de captage

D'après les données de l'Agence Régionale de Santé de la région Nord – Pas-de-Calais, deux captages d'alimentation en eau potable sont présents sur la zone d'implantation potentielle, ainsi que leur périmètre de protection rapprochée et éloignée. Un périmètre de protection éloigné d'un 3ème captage se situe également sur la Z.I.P.
Dans les périmètres de protection éloignée de ces captages, c'est la réglementation générale qui devra être appliquée avec une particulière vigilance vis-à-vis des Installations, Ouvrages, Travaux, Activités (IOTA) susceptibles de porter atteinte directement ou indirectement à la qualité de l'eau distribuée. Ces périmètres représentent donc des contraintes.
Dans les périmètres de protection rapprochée des deux captages présents sur la Z.I.P, **l'implantation de nouvelles installations classées** (agricoles ou industrielles) est **interdite. Ces périmètres sont donc des servitudes.**

**Les éoliennes seront implantées en dehors des servitudes liées à des périmètres de protection de captage d'alimentation en eau potable.**

### 4.5.16 - Servitudes relatives aux chemins de fer

Les voies de chemin de fer sont concernées par la servitude T1 « Chemins de fer », imposée en application des dispositions de la loi du 15 juillet 1845. Une distance de sécurité doit être respectée entre les éoliennes et les voies ferrées afin d'éviter tout problème en cas de chute de l'aérogénérateur. Elle correspond à la hauteur totale des éoliennes augmentée de 20 mètres. La voie ferrée la plus proche se situe à 4,5 km de la Z.I.P.

**Les éoliennes seront implantées en dehors de toute servitude relative au chemin de fer.**

## 4.6 - RISQUES TECHNOLOGIQUES

### 4.6.1 - Etablissements classes SEVESO 2

La directive européenne du 9 décembre 1996, dite directive SEVESO II concerne la prévention des risques d'accidents technologiques majeurs. Elle vise l'intégralité des établissements où sont présentes certaines substances dangereuses. Deux catégories sont distinguées suivant les quantités de substances dangereuses présentes : les établissements dits « seuil haut » et les établissements dits « seuil bas ».
La directive SEVESO II est traduite en droit français notamment par l'arrêté ministériel du 10 mai 2000. La liste des installations soumises au « seuil haut » de la directive SEVESO II est étendue à certains dépôts de liquides inflammables, et l'ensemble de ces installations sont repérées dans la réglementation des installations classées sous la mention « AS » ou « Autorisation avec servitudes d'utilité publique ».

**D'après les renseignements de la DREAL de la région Nord-Pas-de-Calais, il n'y a pas d'établissement classé SEVESO II sur les communes concernées par la zone d'implantation potentielle.**
**Il n'y a pas de zone de dangers retenue au titre de la maîtrise de l'urbanisme sur ces communes.**

L'établissement SEVESO II le plus proche de la zone d'implantation potentielle est un établissement de type « seuil haut » situé à environ 14 km au nord-est de la Z.I.P. sur la commune de Marquion. Cet établissement est un fournisseur de produits phytosanitaires.

### 4.6.2 - Installations classees pour la protection de l'environnement

Outre ces SEVESO, des structures peuvent relever du régime des installations classées. Selon le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, est une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) « *toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains […]* ».
Selon la base de données des installations classées, les ICPE (hors éolien) présentes dans un rayon de 6km sont présentées dans la tableau ci-après.

Tableau 23 : Liste des installations classées sur les communes d'implantations et les communes limitrophes
Source : Base des Installations Classées

| Commune | ICPE | Type d'Installation | Distance à la Z.I.P. |
|---|---|---|---|
| RUYAULCOURT | HOMBERT JULES | En cessation d'activité | 3,2 km |
| BEAUMETZ-LES-CAMBRAI | MONSIEUR JEAN RAISON | Elevage de volailles | 5,3 km |
| BEUGNY | DAVION-RENEE | Elevage de porcs | 1,0 km |
| VAULX VRAUCOURT | BELL (BONDUELLE EUROPE LONG LIFE ex BCI) | Transformation et conservation de légume | 5,7 km |
| RIENCOURT LES BAPAUME | SMAV Compostage Riencourt | Déchets | 4,6 km |

L'ICPE la plus proche est un élevage de porcs situé à environ 1000 m au nord-ouest de la zone d'implantation potentielle, sur la commune de Beugny.
De plus, plusieurs parcs éoliens sont présents dans un rayon de 10 kilomètres autour de la zone d'implantation potentielle

### 4.6.3 - Parcs eoliens

L'éolien est déjà fortement développé aux alentours de la Z.I.P. un nombre important de parcs est en fonctionnement, en travaux ou en instruction dans un rayon de 20 km autour de la Z.I.P.
Le parc éolien en exploitation le plus proche est situé à 4,8 km au sud-ouest de la Z.I.P. Il s'agit du parc éolien du Seuil de Bapaume sur la commune du Transloy (62).
Le parc éolien en travaux le plus proche est celui de l'Enclave, situé à environ 4,6km au nord-est de la Z.I.P.
Le projet éolien le plus proche est le projet éolien des Pâquerettes qui a été accordé (8 éoliennes sur les 13), dont 6 des 8 éoliennes accordées appartiennent à la Z.I.P. du projet éolien du Sud-Artois, comme présenté sur la Figure 18 page 36. Le projet éolien du Sud Artois s'inscrit dans le prolongement du projet éolien des Pâquerettes.

Le tableau suivant présente les parcs éoliens en fonctionnement ou en construction, les parcs dont le permis est autorisé et ceux en instruction dans le périmètre éloigné :

| Nom du parc/projet éolien | Nombre d'éoliennes | Statut | Périmètres d'étude |
|---|---|---|---|
| Ablainzevelle | 1 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Bernes | 6 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Coquelicot 1 | 7 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Coquelicot 2 | 8 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Crêtes d'Heninel | 3 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Enclave | 15 | CONSTRUIT | Rapproché et Intermédiaire |
| Montagne Gaillard | 8 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Nurlu | 4 | CONSTRUIT | Intermédiaire |
| Paradis | 5 | CONSTRUIT | Intermédiaire |

| Nom du parc/projet éolien | Nombre d'éoliennes | Statut | Périmètres d'étude |
|---|---|---|---|
| Plaine d'Artois | 18 | CONSTRUIT | Intermédiaire |
| Rond-Buisson | 5 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Saint-Léger | 8 | CONSTRUIT | Intermédiaire |
| Seuil de Bapaume | 5 | CONSTRUIT | Rapproché |
| Sole du Bois | 4 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Source de la Sensée | 3/6 | CONSTRUIT | Intermédiaire |
| Wancourt | 1 | CONSTRUIT | Eloigné |
| Arbre à Chaud | 3/5 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Boule Bleue | 6 | ACCORDE | Eloigné |
| Camomille | 2 | ACCORDE | Eloigné |
| Couturelle | 10 | ACCORDE | Eloigné |
| Crémière | 5 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Douiche | 7 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Extension de Nurlu | 13 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Graincourt | 4 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Hauts de Combles | 6 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Heudicourt et Sorel | 12 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Inter-Deux-Bos | 10 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Lindier | 5 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Pâquerettes | 8/13 | ACCORDE | Immédiat |
| Portes du Cambrésis | 6 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Quatres Arbres | 6 | ACCORDE | Eloigné |
| Rio | 6/8 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Seuil du Cambrésis | 6/13 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Source de la Sensée | 3/6 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Tilleuls | 7/11 | ACCORDE | Intermédiaire |
| Vents de l'Artois | 7 | ACCORDE | Eloigné |
| Chemin de Mory | 9 | INSTRUCTION | Intermédiaire |
| Epivent | 7 | INSTRUCTION | Eloigné |
| Gouzeaucourt | 4 | INSTRUCTION | Intermédiaire |
| Haut Plateau | 9 | INSTRUCTION | Eloigné |
| Maissel | 10 | INSTRUCTION | Eloigné |
| Martelotte | 5 | INSTRUCTION | Intermédiaire |
| Martinpuich - Le Sars | 10 | INSTRUCTION | Intermédiaire |
| Sud Arrageois | 12 | INSTRUCTION | Eloigné |
| Voie d'Artois | 6 | INSTRUCTION | Rapproché |
| Arbre à Chaud | 2/5 | REFUSE | Intermédiaire |
| Quintefeuilles | 17 | REFUSE | Eloigné |
| Rio | 2/8 | REFUSE | Intermédiaire |
| Séhu | 15 | REFUSE | Rapproché |
| Seuil du Cambrésis | 7/13 | REFUSE | Intermédiaire |
| Tilleuls | 4/11 | REFUSE | Intermédiaire |
| Voie de Cambrai | 18 | REFUSE | Rapproché/intermédiaire |

**Tableau 24 : Parcs éoliens dans l'aire d'étude éloignée**

Source : DREAL Nord-Pas-de-Calais et Picardie

**Le parc éolien en exploitation le plus proche se trouve à 4,8 km de la zone d'implantation potentielle. Le projet de parc éolien en cours d'instruction le plus proche est situé sur la Z.I.P.**

### 4.6.4 - Plan de Prevention des Risques Technologiques

Les plans de prévention des risques technologiques (PPRT) ont été institués suite à la catastrophe de l'usine AZF de Toulouse de 2001 par la loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.
Ils ont pour objectifs de résoudre les situations difficiles en matière d'urbanisme héritées du passé et de mieux encadrer l'urbanisation future.

**D'après les données de la DREAL de la région Nord-Pas-de-Calais, les communes concernées par le projet éolien ne sont pas concernées par un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT).**

### 4.6.5 - Le transport de matieres et de marchandises dangereuses

Une matière dangereuse est une substance qui, par ses propriétés physiques ou chimiques, ou bien par la nature des réactions qu'elle est susceptible de mettre en œuvre, peut présenter un danger grave pour l'homme, les biens ou l'environnement. Elle peut être inflammable, toxique, explosive, corrosive ou radioactive.
Le transport de matières dangereuses (TMD) concerne essentiellement les voies routières (2/3 du trafic en tonnes kilomètre) et ferroviaires (1/3 du trafic) ; la voie d'eau (maritime et les réseaux de canalisation) et la voie aérienne participent à moins de 5 % du trafic.

**D'après les renseignements du site www.prim.net, les communes d'implantation sont concernées par le risque de transport de matières dangereuses.**

### 4.6.6 - Risque nucleaire

Le département du Pas-de-Calais compte une centrale nucléaire, il s'agit de la centrale nucléaire de production d'électricité de Gravelines. Elle se situe à environ 115 km au nord de la zone d'étude.
La distance géographique d'une centrale nucléaire n'est pas un indicateur pertinent de l'exposition au risque. En effet, cette dernière dépend de nombreux autres facteurs comme la topographie, l'orientation des vents dominants, les précipitations, etc. Ainsi, une ville située à 80 km d'un site nucléaire mais dans le sens du vent, est plus exposée qu'une autre située à 30 km de la même installation mais abritée par le relief ou les vents dominants.
Il est donc très difficile de déterminer le niveau de risque nucléaire d'une zone géographique.

**Le risque nucléaire sur les communes d'implantation est très faible mais ne peut être exclu.**

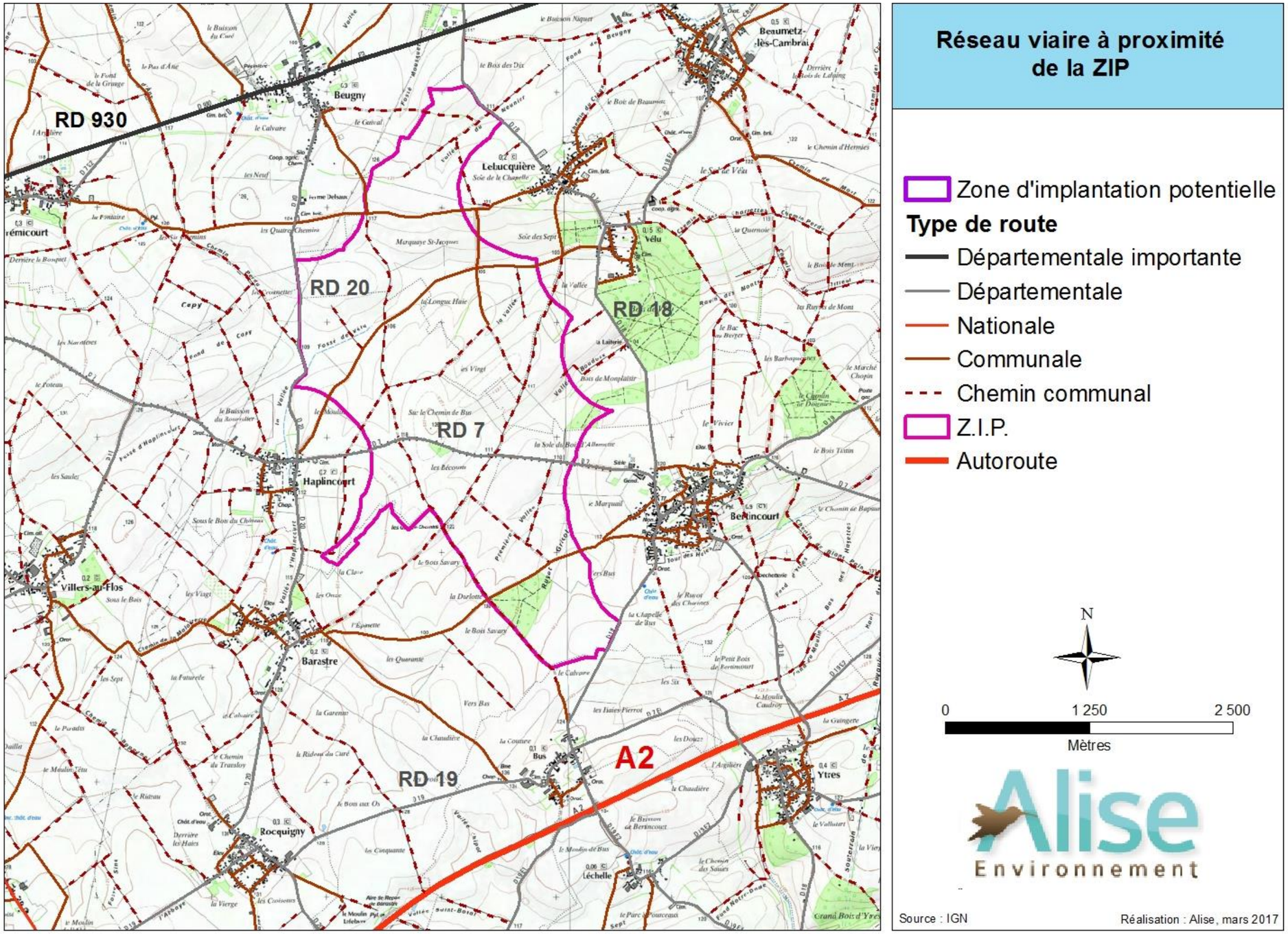



**Figure 15 : Réseau viaire à proximité de la zone d'implantation potentielle**

Source : IGN

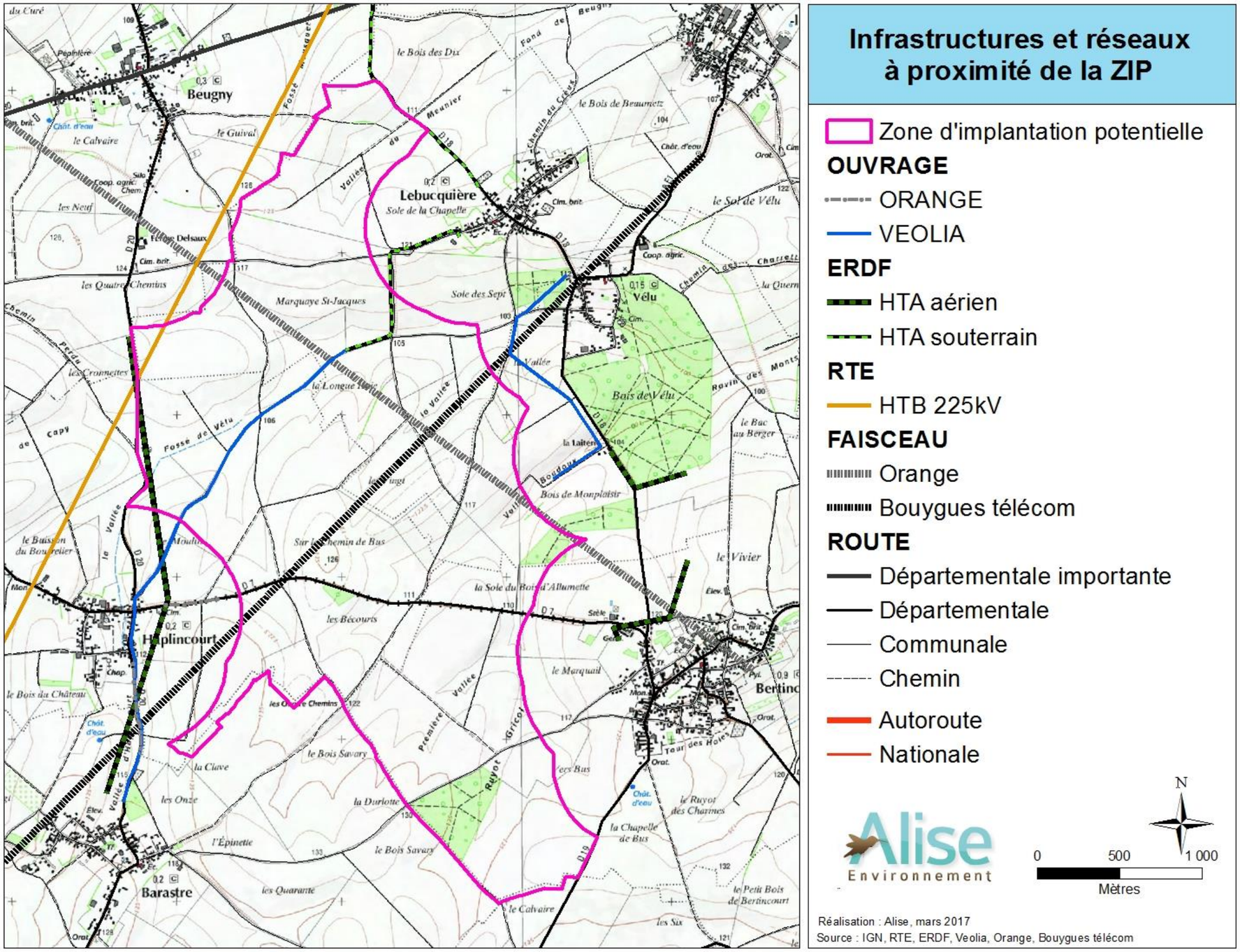



**Figure 16 : Infrastructures et réseaux**

Sources : Sources : IGN, Bouygues Telecom, ENEDIS, Veolia, RTE, TRAPIL

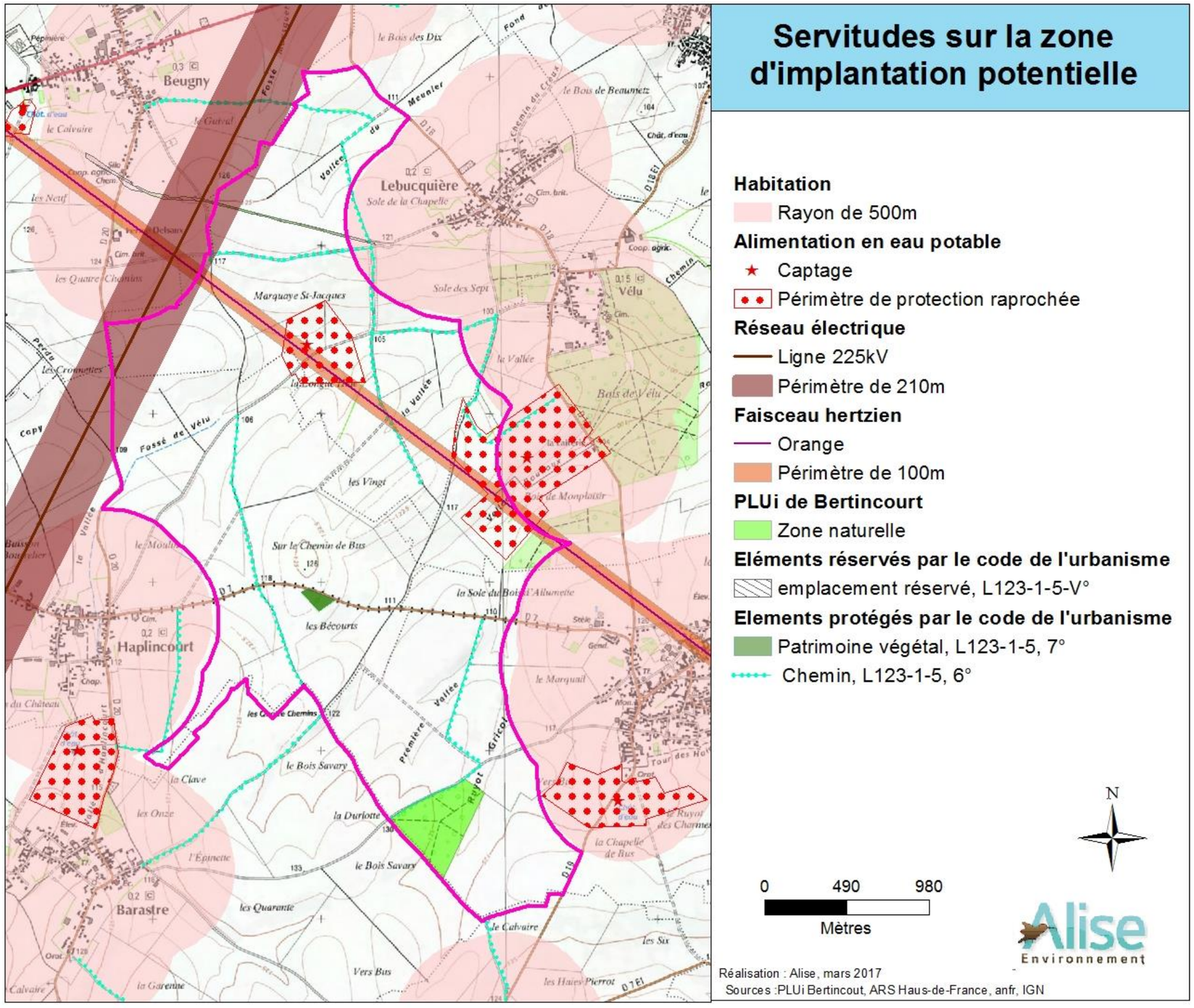



**Figure 17 : Carte de synthèse des servitudes sur la zone d'implantation potentielle**

Sources : PLUi du Canton de Bertincourt, ARS Hauts-de-France, ANFR, I.G.N., Orange, RTE

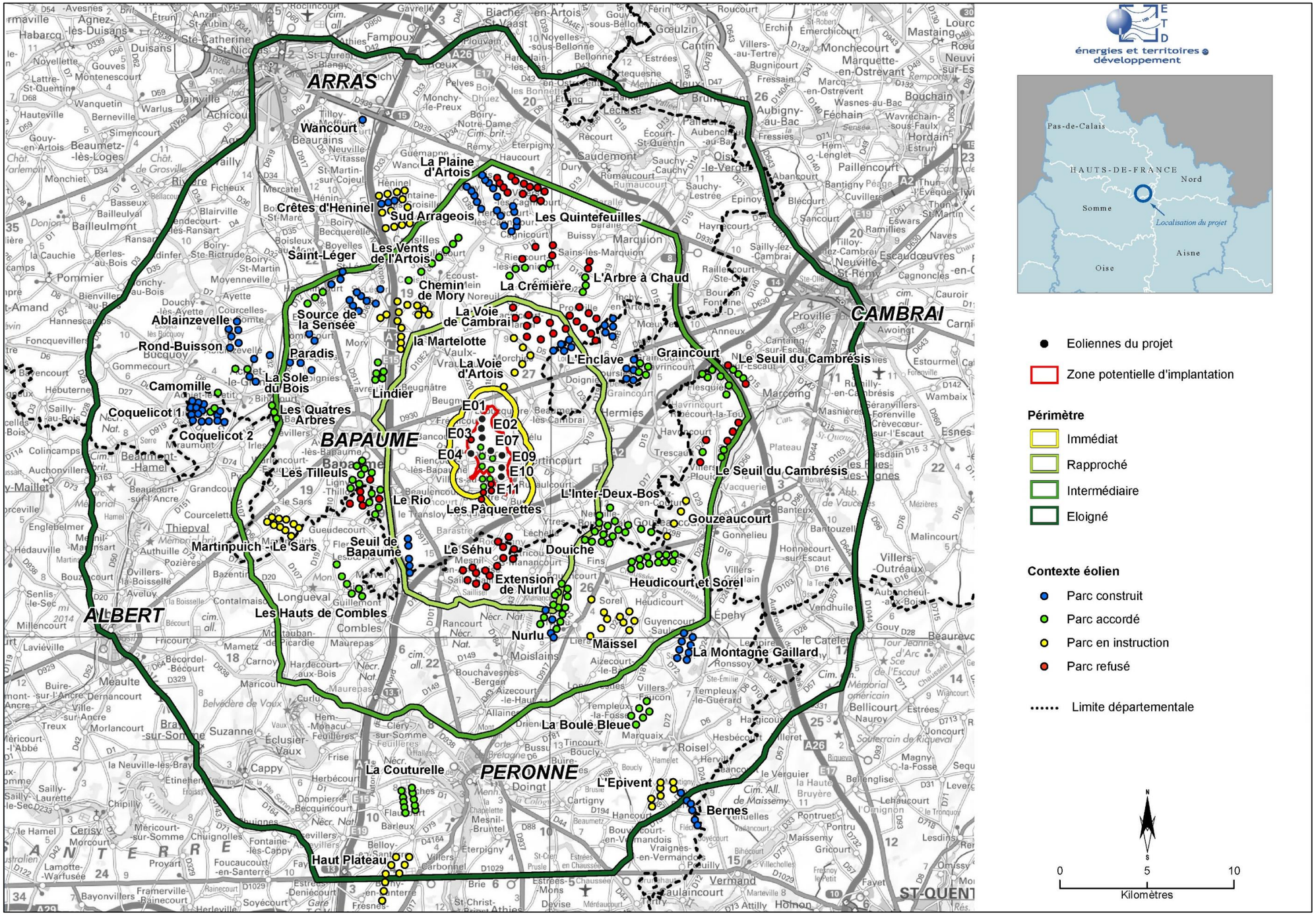



**Figure 18 : Etat de l'éolien dans un rayon de 20 km autour de la Z.I.P.**

Source : ETD, Scan départemental IGN 2017

# 5 - CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

## 5.1 - NOMBRE D'EQUIVALENT PERSONNES PERMANENTES

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) permet d'identifier les enjeux à protéger dans une zone d'étude.
Le Tableau 25 ci-après présente le nombre de personnes permanentes ou équivalent-personnes permanentes présentes dans l'aire d'étude de 500 m autour des éoliennes :

| Secteur ou infrastructure | Type | Nombre d'équivalent personnes permanentes | Eoliennes concernées (aire d'étude de 500 m) |
|---|---|---|---|
| RD 19 | Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) ➔ Terrains aménagés mais peu fréquentés | 1 personne/10 hectares | Néant |
| RD 20 | Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) ➔ Terrains aménagés mais peu fréquentés | 1 personne/10 hectares | Eolienne E04 |
| RD 7 | Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) ➔ Terrains aménagés mais peu fréquentés | 1 personne/10 hectares | Eolienne E10 |
| Routes communales | Voie de circulation automobile non structurante (<2 000 véhicules/jour) ➔ Terrains aménagés mais peu fréquentés | 1 personne/10 hectares | Toutes les éoliennes |
| Chemins agricoles | Terrains aménagés mais peu fréquentés | 1 personne/10 hectares | Toutes les éoliennes |
| Champs, prairies, Boisements | Terrains non aménagés et très peu fréquentés | 1 personne/100 hectares | Toutes les éoliennes |

**Tableau 25 : Nombre d'équivalent-personnes permanentes dans l'aire d'étude**

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

## 5.2 - CARTOGRAPHIE

La carte ci-après présente une synthèse de l'état initial du site du projet.
La Figure 20 permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone d'étude pour chacun des aérogénérateurs. Cette dernière a été réalisée à partir des données du Tableau 25.

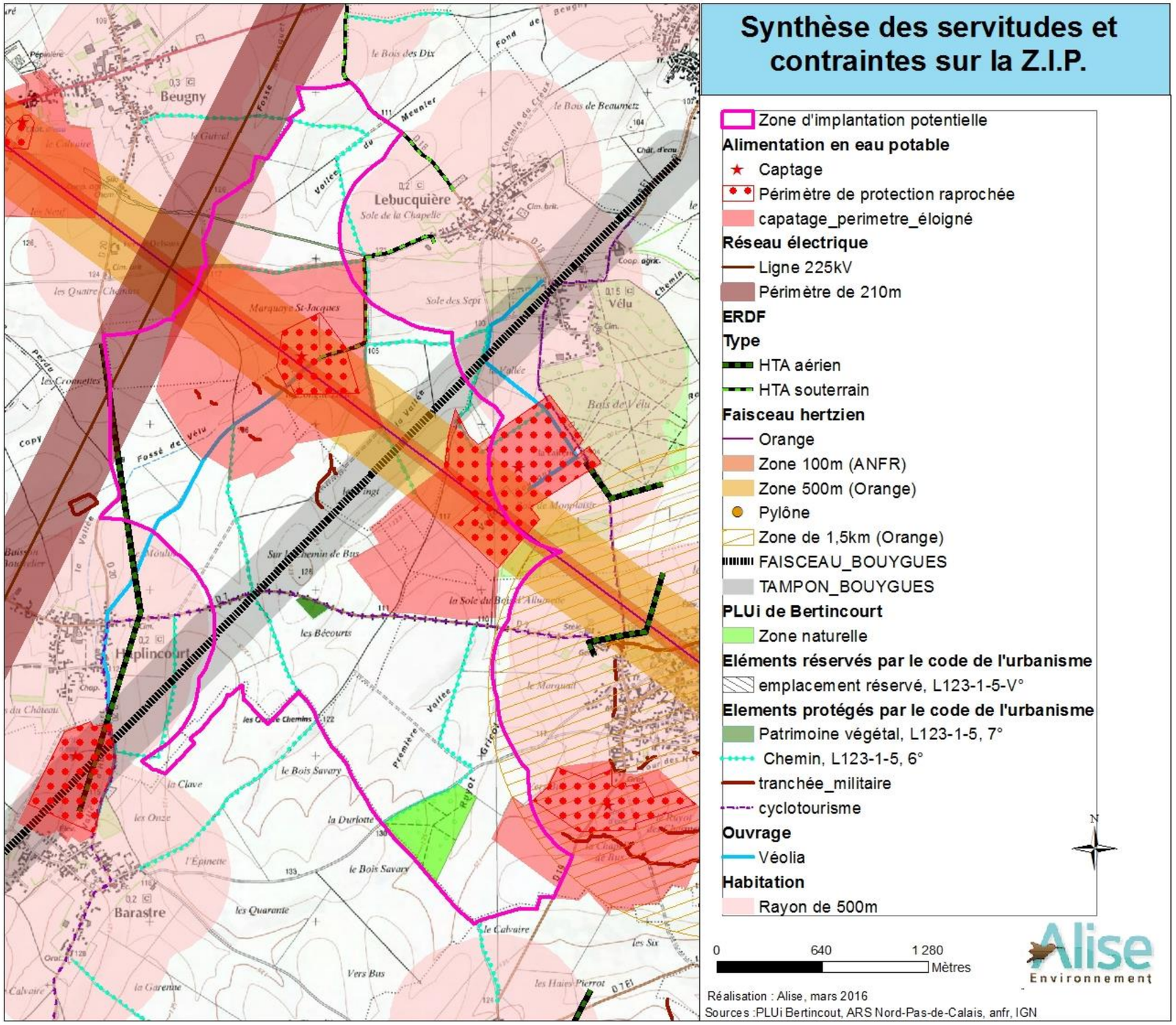



**Figure 19 : Carte de l'état initial**

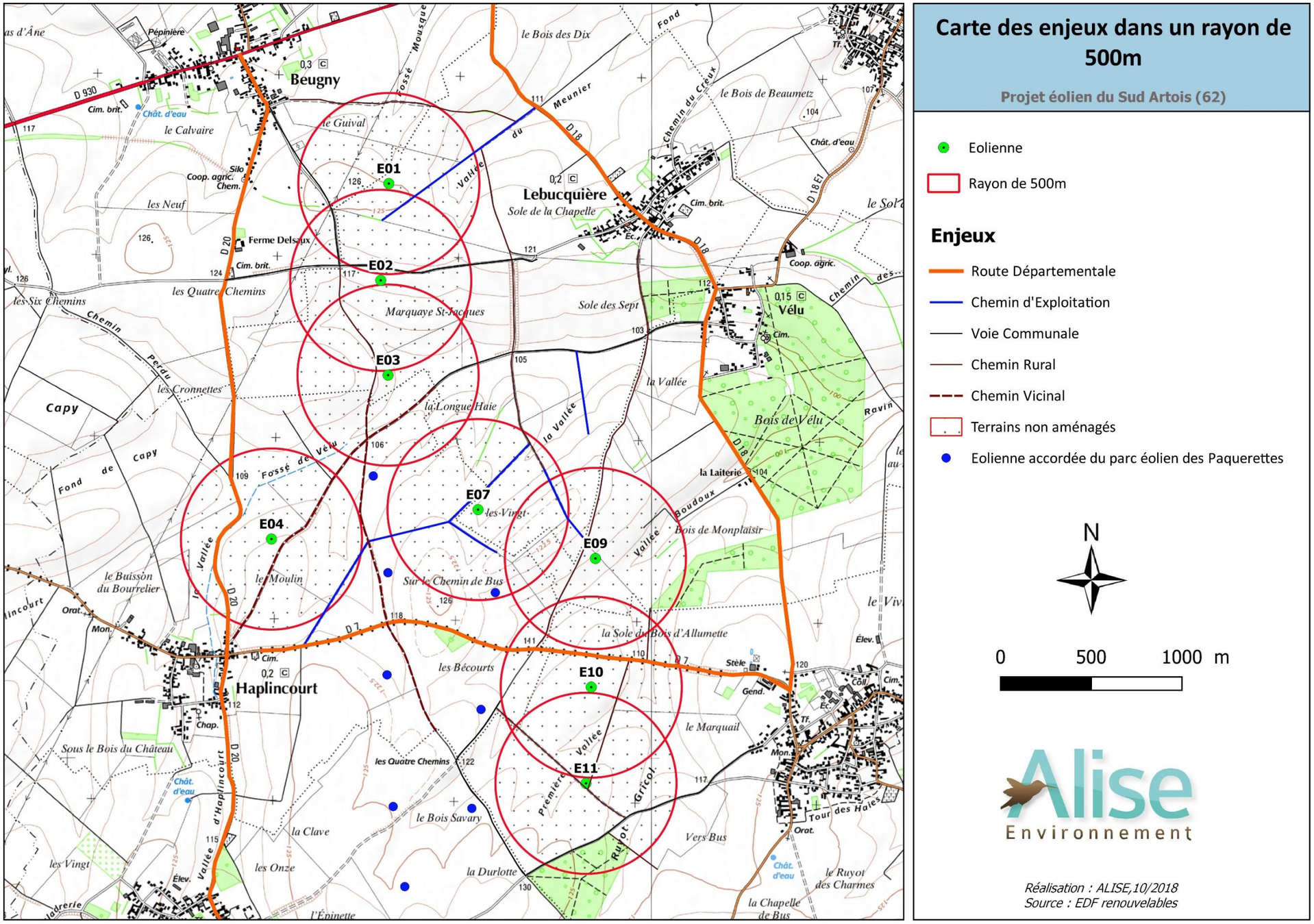



**Figure 20 : Carte des enjeux dans un rayon de 500 m autour des éoliennes**

# 6 - ACTIVITE DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.
La description complète du projet est présentée dans l'étude d'impact (chapitre 2 – Présentation générale du parc éolien). Une synthèse de cette partie est proposée ci-après.

## 6.1 - NATURE DES ACTIVITES

Le projet retenu consiste en l'implantation d'un parc éolien composé de 8 éoliennes d'une puissance unitaire de 3,6 MW sur les communes de Bertincourt, Haplincourt, Lebucquière et Vélu, dans le département du Pas-de-Calais. Les caractéristiques des éoliennes sont les suivantes :

| Eolienne | |
|---|---|
| Mât | 91,5 m |
| Diamètre du rotor | 117 m |
| Hauteur totale (mât + pales) | 150 m |

**Tableau 26 : Caractéristiques des éoliennes prises en compte dans l'étude de dangers**

L'étude de dangers présente les résultats pour le type de turbine ayant les caractéristiques suivantes :

| Eolienne | |
|---|---|
| Hauteur du mât au moyeu | 91,5 m |
| Longueur des pales | 58,5 m |
| Largeur maximum du mât (à la base) | 3,9 m |
| Largeur maximale des pales (corde) | 4,0 m |

**Tableau 27 : Caractéristiques des éoliennes prises en compte dans l'étude de dangers**

## 6.2 - CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

### 6.2.1 - CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

### 6.2.2 - ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

- ⇨ Le rotor qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- ⇨ Le mât est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- ⇨ La nacelle abrite plusieurs éléments fonctionnels :

- le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
- le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
- le système de freinage mécanique ;
- le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
- les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
- le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

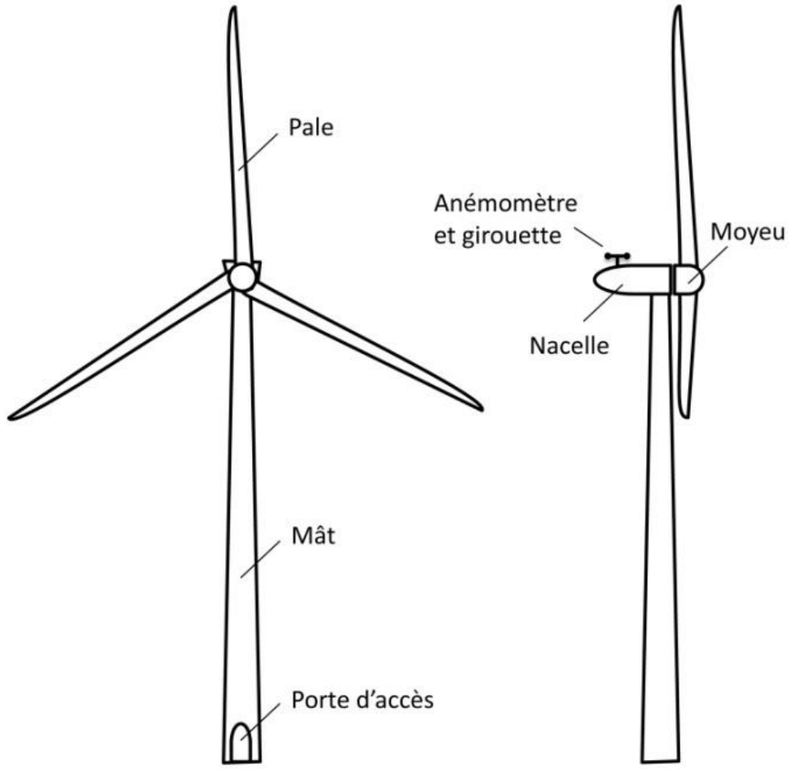



**Figure 21 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur**

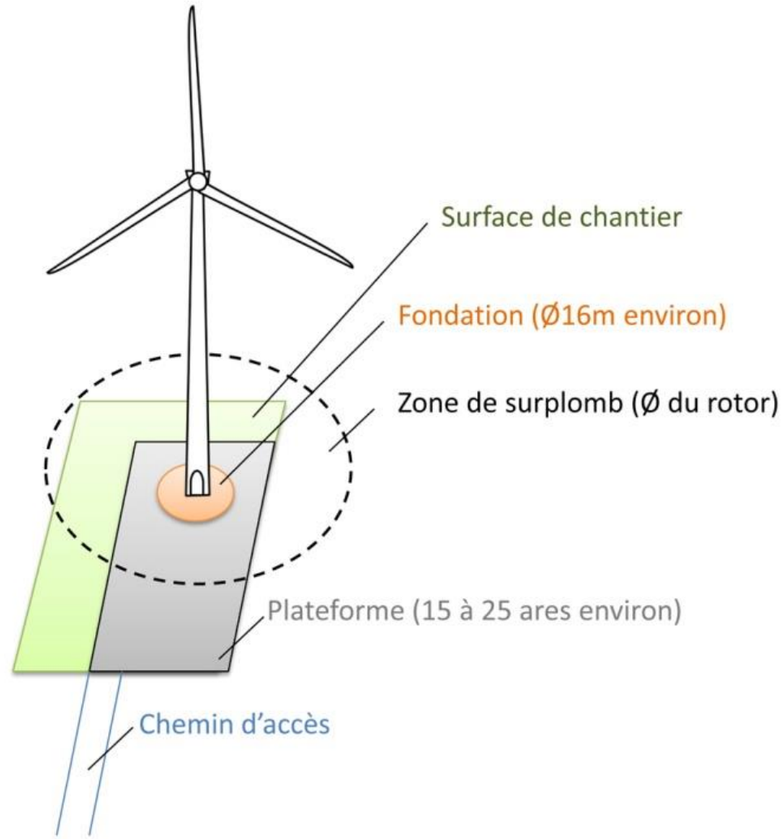



**Figure 22 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne**

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

### 6.2.3 - Emprise au sol

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

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

### 6.2.4 - Chemins d'acces

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

- ⇨ l'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles existants ;
- ⇨ si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituants les éoliennes et leurs annexes.
Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale).

### 6.2.5 - Activite de l'installation

L'activité principale du parc éolien « Sud Artois » sera la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des éoliennes ayant les caractéristiques suivantes :

| Eolienne | Hauteur du mât | Hauteur totale (mât + pales) |
|---|---|---|
| E1 | 91,5 m | 150 m |
| E2 | 91,5 m | 150 m |
| E3 | 91,5 m | 150 m |
| E4 | 91,5 m | 150 m |
| E7 | 91,5 m | 150 m |
| E9 | 91,5 m | 150 m |
| E10 | 91,5 m | 150 m |
| E11 | 91,5 m | 150 m |

**Tableau 28 : Caractéristiques des éoliennes**

Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

### 6.2.6 - Composition de l'installation

Le parc éolien du Sud-Artois sera composé de 8 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur totale en bout de pales de 150m maximum.
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraisons :

| Equipement | Commune | Coordonnées | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Lambert 93 | | WGS 84 | |
| | | X | Y | E | N |
| E01 | Lebucquière | 696 154,0 | 7 001 685,3 | 002° 56' 46,63" | 50° 06' 48,33" |
| E02 | Lebucquière | 696 109,3 | 7 001 151,0 | 002° 56' 44,40" | 50° 06' 31,06" |
| E03 | Lebucquière | 696 149,6 | 7 000 627,7 | 002° 56' 46,45" | 50° 06' 14,14" |
| E04 | Haplincourt | 695 505,8 | 6 999 722,9 | 002° 56' 14,12" | 50° 05' 44,88" |
| E07 | Lebucquière | 696 646,5 | 6 999 885,2 | 002° 57' 11,45" | 50° 05' 50,15" |
| E09 | Vélu | 697 294,7 | 6 999 615,7 | 002° 57' 44,03" | 50° 05' 41,44" |
| E10 | Bertincourt | 697 271,6 | 6 998 905,4 | 002° 57' 42,89" | 50° 05' 18,48" |
| E11 | Bertincourt | 697 242,5 | 6 998 374,2 | 002° 57' 41,44" | 50° 05' 01,30" |
| PDL1 | Haplincourt | 696 042,6 | 7 000 380,7 | 002° 56' 41,08" | 50° 06' 06,15" |
| PDL2 | Lebucquière | 697 134,0 | 6 999 827,1 | 002° 57' 35,95" | 50° 05' 48,27" |
| PDL3 | Bertincourt | 697 240,8 | 6 998 333,9 | 002° 57' 41,35" | 50° 04' 59,99" |

**Tableau 29 : Coordonnées des éoliennes**

Le balisage mis en place répondra aux dispositions de l'arrêté du 13 novembre 2009.

## 6.3 - FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### 6.3.1 - Principe de fonctionnement d'un aerogenerateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par **la girouette** qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.
Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.
La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite «nominale».
Pour un aérogénérateur de 2,0 MW par exemple, la production électrique atteint 2 000 kWh dès que le vent atteint environ 40 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.
Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- ⇨ le premier par la mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent ;
- ⇨ le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

### 6.3.2 - Les eoliennes du Sud Artois

En tant qu'entreprise liée à une société dont la majeure partie du capital social appartient à l'Etat Français (EDF SA) et intervenant dans le secteur de la production d'électricité, EDF EN est une entité adjudicatrice.

A ce titre, elle doit garantir le respect des principes d'égalité de traitement, de non-discrimination et de transparence lors de ses commandes de travaux, fournitures et services. Elle est actuellement soumise à la directive européenne 2014/25/UE.

En droit interne, les textes actuellement applicables pour régir les formalités de publicités et les procédures de mise en concurrence sont l'ordonnance n°2005-649 du 6 juin 2005 et le décret n°2005-1308 du 20 octobre 2005, mais ils sont appelés à être remplacés rapidement pour transposer notamment la directive 2014/25/UE (cf. d'ores et déjà l'ordonnance n°2015-899 du 23/07/2015 relative aux marchés publics).

Les seuils de passation de marchés formalisés ont été fixés par un décret n°2015-1904 du 30 décembre 2015 pour les procédures lancées actuellement (418 000 € HT pour les marchés de fournitures et de services ; 5 225 000 € HT pour les marchés publics de travaux).

Afin de garantir le principe de mise en concurrence des fabricants d'éoliennes, le projet doit pouvoir être réalisé avec des modèles d'éoliennes de plusieurs fournisseurs, sachant qu'il n'existe aucun standard en termes de dimensions et de caractéristiques de fonctionnement.

Afin de ne pas risquer de sous-évaluer les impacts, dangers et inconvénients de l'installation, la SAS Parc éolien du Sud Artois a choisi de définir une éolienne dont les caractéristiques maximisent ces évaluations. Ainsi, les paramètres intervenant, ayant une incidence, sont les suivants :

- Le diamètre ;
- La hauteur en bout de pale ;
- La hauteur libre sous le rotor ;
- Les paramètres acoustiques de l'éolienne.

Le tableau précédent, compte tenu des caractéristiques du vent et du site, présente le gabarit des aérogénérateurs envisagé.

Le fournisseur qui sera retenu pour équiper le site n'étant pas arrêté à ce stade, les informations contenues dans les paragraphes suivants sont d'ordre générique et les équipements présentés sont ceux qui équipent en règle générale les éoliennes de ce gabarit.

La présentation technique des machines est donc susceptible d'afficher de légers écarts avec les équipements qui seront effectivement mis en place. Ces écarts seront dans tous les cas mineurs et ne remettent pas en cause les analyses de risques et environnementales présentées dans les études. En cas d'écarts significatifs, le demandeur portera à connaissance du préfet la nature de ces derniers.

**Dimensions des éoliennes**

Une éolienne est composée des principaux éléments suivants :

- Un **rotor**, composé de trois pales et du moyeu (ou « nez ») de l'éolienne, fixé à la nacelle. Le rotor est entraîné par l'énergie du vent, il permet de transformer l'énergie cinétique[1] en énergie mécanique (rotation). Un système de captage de la foudre constitué d'un collecteur métallique associé à un câble électrique ou méplat situé à l'intérieur de la pale permet d'évacuer les courants de foudre vers le moyeu puis vers le mât, la fondation et enfin vers le sol.
- Une **nacelle** montée au sommet du mât, abritant la plus grande partie des composants permettant de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique, ainsi que l'automate permettant la régulation de l'éolienne. La nacelle a la capacité de pivoter à 360° pour présenter le rotor face au vent, quelle que soit sa direction.
- Un **mât** permet de placer le rotor à une hauteur suffisante pour lui permettre d'être entraînée par un vent plus fort et régulier qu'au niveau du sol. Il est généralement composé de 3 à 5 tubes s'imbriquant les uns dans les autres.
- Une **fondation** assure l'ancrage au sol de l'ensemble, elle comprend des ferraillages, un massif-béton et une virole (ou cage d'ancrage, il s'agit d'une pièce à l'interface entre la fondation et le mat). Ses dimensions sont calculées au cas par cas, en fonction de l'éolienne, des conditions météorologiques et de la nature du terrain d'implantation qualifiée lors des études géotechniques menées en amont de la construction du parc. Les fondations les plus massives sont employées pour porter de manière gravitaire les éoliennes dans des terrains « mous » (argile par exemple). Leur forme peut varier : massif circulaire ou carré. Un système constitué de tiges d'ancrage, disposé au centre du massif de fondation, permet la fixation de la bride inférieure de la tour. La fondation est composée de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2.

Le tableau suivant présente pour chaque paramètre, les dimensions de l'éolienne du projet.

| Paramètre | Dimension |
|---|---|
| Puissance nominale | 3,6 MW |
| Hauteur en bout de pâle | 150 m |
| Diamètre du rotor | 117 m |
| Hauteur du moyeu | 91,5 m |
| Hauteur sous le rotor | 33 m |
| Diamètre maximal des fondations | 20 m |
| Profondeur des fondations | 3 m |
| Diamètre du fût | 5 m |

**Tableau 30 : Caractéristiques du gabarit des éoliennes retenues**

[1] L'énergie cinétique est l'énergie créée par un mouvement.

### 6.3.3 - SECURITE DES INSTALLATIONS

#### 6.3.3.1 - Réglementation en matière de sécurité des éoliennes

Concernant la réglementation européenne relative à la sécurité, les exigences essentielles sont fixées par la directive « Machines » n°2006/42/CE du 17 mai 2006.
Selon la réglementation européenne, une éolienne mise sur le marché est soumise à une quadruple obligation :

- satisfaire aux exigences essentielles de sécurité énoncées par la directive ;
- disposer du marquage CE ;
- disposer d'une « auto-certification » (procédure par laquelle le fabricant ou l'importateur déclare, sous sa responsabilité, que la machine soumise à ladite procédure est conforme aux règles techniques qui lui sont applicables) ;
- enfin, le fabricant ou l'opérateur qui met une éolienne sur le marché doit tenir à la disposition des services de contrôle des États membres une documentation prouvant la conformité de la machine aux exigences essentielles de la directive.

Plus particulièrement, les exigences essentielles de sécurité de la réglementation européenne couvrent les risques d'effondrement et d'éjections d'objets susceptibles d'affecter le public et les biens des tiers.
De plus, une éolienne doit également satisfaire aux exigences en matière de sécurité de la directive 73/23/CEE du 19 février 1973 relative aux équipements électriques ainsi que de la directive 89/336/CEE du 3 mai 1989 relative à la compatibilité électromagnétique.
En ce qui concerne la normalisation internationale, une norme relative aux aérogénérateurs a été établie par la CEI (Commission Electrotechnique Internationale – IEC en anglais). Ainsi, la solidité intrinsèque des éoliennes et leur adéquation aux conditions du site du projet sont assurées par la mise en place d'un référentiel de conception défini par la norme IEC 61400-1. Le porteur de projet s'assure que le constructeur fournisse des éoliennes dont toutes les parties sont conformes à cette norme et qu'il délivre un certificat de conformité à la norme IEC 61400-1 adapté aux conditions de vent du site et réalisé suivant les règles et procédures de l'IEC WT 01. La fourniture des certificats est une condition de la réception définitive de l'installation.
De la même façon, au niveau européen, une norme a été établie en tant que norme « harmonisée » afin de satisfaire aux exigences essentielles de sécurité de la réglementation « Machines ». Il s'agit de la norme EN 50308 (homologuée également en France sous la référence NFEN 50308), qui doit être prise en compte pour la conception, le fonctionnement et la maintenance des éoliennes.
La construction des fondations se base sur des études de sol précises réalisées par un bureau d'études géotechniques selon la norme NFP 94-500. D'autre part, le dimensionnement des fondations est effectué par un autre bureau spécialisé suivant les règles du fascicule 62 du cahier des clauses techniques générales (CCTG) « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé suivant la méthode des états limites ».
Enfin, les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure ou égale à 12 mètres sont soumises obligatoirement à un contrôle technique (article R 111-38 du Code de la construction et de l'habitation). Ce contrôle technique obligatoire porte sur la solidité des ouvrages de fondation et des éléments d'équipement qui font indissociablement corps avec ces ouvrages. Il est réalisé par des bureaux de contrôle agréés tels que Veritas, Apave, Dekra, Socotec, etc.
Il est important de noter que l'exploitation et la maintenance des éoliennes sont confiées à du personnel qualifié et formé régulièrement suivant les consignes préalablement définies dans les manuels rédigés par le constructeur lui-même.
Le porteur du projet s'engage à installer des éoliennes strictement conformes aux exigences énoncées plus haut.

#### 6.3.3.2 - Principaux systèmes de sécurité

**Toutes les éoliennes seront équipées des dernières technologies en matière de sécurité.**

- **Système de balisage**

Conformément aux exigences de l'Aviation civile (DGAC) et de l'Armée de l'Air, notifiées dans l'arrêté ministériel du 13 novembre 2009 et dans l'arrêté ministériel du 26 août 2011, les éoliennes seront équipées de feux de signalisation diurne et nocturne :

- Balisage diurne : 20 000 Cd blanc
- Balisage nocturne : 2 000 Cd rouge

Ce type de balisage aéronautique présente moins d'impact visuel que de peindre en rouge le bout des pales, comme cela se fait dans d'autre pays européens.
Le balisage du parc éolien fera l'objet d'une concertation ultérieure avec les services aéronautiques.
Les feux à éclats seront synchronisés au sein d'un même parc afin de limiter l'effet de « clignotement ». Il est aussi possible de diriger le faisceau du flash vers le haut à l'aide d'un déflecteur fixé au-dessous du balisage lumineux et qui limite la diffusion du flash vers le sol.

- **Système de sécurité en cas de tempête**

L'éolienne ne démarre pas si elle se trouve à l'arrêt ou en fonctionnement au ralenti lorsque la vitesse du vent dépasse la vitesse de vent de coupure. L'éolienne s'arrête également si l'angle maximum admis pour les pales est dépassé. Un anémomètre gelé ne constitue donc pas un risque pour la sécurité. Dans tous les cas, l'éolienne passe en fonctionnement au ralenti.
L'éolienne démarre automatiquement lorsque la vitesse du vent tombe en dessous de la vitesse de vent de coupure pendant 10 minutes consécutives.
L'éolienne est équipée d'un système permettant d'éviter un arrêt brutal si les vitesses du vent dépassent la vitesse maximale admissible, mais la puissance est progressivement réduite par le réglage de l'angle des pales du rotor.

- **Système de sécurité contre la foudre**

L'éolienne est équipée d'un système parafoudre fiable afin d'éviter que l'éolienne ne subisse de dégâts.
Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en aluminium moulé, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.
Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécom est protégée par des parasurtenseurs de lignes et une protection galvanique. Enfin, une liaison de communication télécom en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau.
De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.

**L'éolienne retenue sera équipée d'une installation de protection anti-foudre conforme à la norme internationale IEC 61024-1 II.**

- **Système de sécurité contre le gel**

Certaines conditions météorologiques peuvent être à l'origine de formations de glace, de givre ou bien de dépôts de neige sur les pales de rotor des éoliennes.
Ces dépôts sur les pales de l'éolienne modifient les caractéristiques aérodynamiques (et donc le rendement). Cependant, cette modification est détectable par le système de contrôle de l'éolienne, qui dispose d'un système d'arrêt automatique en cas de dépôt de glace, givre ou neige sur les pales.
Tous les aérogénérateurs sont équipés en standard d'un système de détection de givre capable de déduire la présence de givre sur les pales et de mettre la machine à l'arrêt. Il convient également de mettre en place des périmètres de sécurité (correspondant à la zone de survol des pales).
L'identification des dépôts de glace repose sur trois principes indépendants :

- 1. ***Contrôle de la courbe de puissance*** : à chaque vitesse de vent, une comparaison est faite entre la puissance réelle mesurée de l'éolienne et la valeur théorique spécifiée par la courbe de puissance de l'éolienne. Si la puissance réelle de l'éolienne est en dessous des données caractéristiques pour la vitesse de vent considérée, cela peut s'expliquer par une dégradation de l'aérodynamique des pales causée par la formation de glace. Dans ce cas, l'éolienne est arrêtée automatiquement.
- 2. ***Contrôle des anémomètres :*** si la puissance réelle de l'éolienne est supérieure aux données caractéristiques pour la vitesse de vent considérée, cela peut provenir du givrage d'un anémomètre (qui indiquera alors une vitesse de vent inférieure à la réalité). Dans ce cas, l'éolienne est arrêtée automatiquement.
- 3. ***Contrôle des vibrations :*** des vibrations peuvent être provoquées par un déséquilibre du rotor causé par un dépôt de glace sur les pales. Ces vibrations peuvent être enregistrées lors du fonctionnement des éoliennes. Dans ce cas, l'éolienne est arrêtée automatiquement.
-

**L'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt. Des panneaux type « Attention, chute de glace » seront mis en place au pied de chaque éolienne pour prévenir du danger.**

- **Système de sécurité contre les incendies**

Les principaux risques d'incendie étaient causés dans le passé par la foudre. Cependant, les éoliennes modernes sont équipées de systèmes parafoudre dont le fonctionnement est très fiable en raison des nombreux progrès technologiques effectués dans ce domaine. Le système de protection de l'éolienne décrit au paragraphe précédent permet ainsi d'éviter tout dommage. La probabilité d'occurrence d'un incendie est donc très faible.
D'autre part, les risques d'incendie sont parfaitement maîtrisés grâce à un suivi permanent et à une maintenance du fonctionnement de toutes les composantes du parc éolien. L'ensemble des capteurs d'incendie est contrôlé par le système général de l'éolienne.
En cas d'incendie d'une des éoliennes, le parc est automatiquement déconnecté du réseau électrique pour éviter toute perturbation. Le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) est prévenu automatiquement par le système de contrôle à distance, ce qui permet aux pompiers d'intervenir rapidement sur le site.
D'autre part, des extincteurs à $CO_2$ (préconisés pour les feux électriques) sont placés au niveau des points sensibles que sont la nacelle et le transformateur (situé dans le mât). Ils peuvent être utilisés par les agents de maintenance lorsque ceux-ci se trouvent dans l'éolienne.

**L'éolienne retenue sera équipée de détecteurs permettant de mettre la machine à l'arrêt en cas d'incendie ainsi que d'extincteurs à $CO_2$ pour faire face à tout début d'incendie lors des visites de contrôle ou de maintenance par les techniciens.**

- **Système de freinage**

En fonctionnement, les éoliennes sont exclusivement freinées d'une façon aérodynamique par inclinaison des pales en position drapeau. Pour ceci, les trois entraînements de pales indépendants mettent les pales en position de drapeau (c'est-à-dire « les décrochent du vent ») en l'espace de quelques secondes. La vitesse de l'éolienne diminue sans que l'arbre d'entraînement ne soit soumis à des forces additionnelles.
Le rotor n'est pas bloqué même lorsque l'éolienne est à l'arrêt, il peut continuer de tourner librement à très basse vitesse. Le rotor et l'arbre d'entraînement ne sont alors exposés à pratiquement aucune force. En fonctionnement au ralenti, les paliers sont moins soumis aux charges que lorsque le rotor est bloqué.
L'arrêt complet du rotor n'a lieu qu'à des fins de maintenance et en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence. Dans ce cas, un frein d'arrêt supplémentaire ne se déclenche que lorsque le rotor freine partiellement, les pales s'étant inclinées. Le dispositif de blocage du rotor ne peut être actionné que manuellement et en dernière sécurité, à des fins de maintenance.

- **Système d'arrêt d'urgence**

Si des personnes ou des pièces de l'éolienne sont en danger, l'éolienne peut être stoppée immédiatement grâce à un système d'arrêt d'urgence, qui peut être déclenché 24h/24 et 7j/7 :

- par le système automatique de télésurveillance, qui analyse les données des capteurs de l'éolienne et évalue s'il existe un risque éventuel ;
- par l'opérateur présent dans le centre de surveillance à distance ;
- par un agent de maintenance présent au niveau de l'éolienne.

L'activation de ce système d'arrêt d'urgence entraîne un freinage immédiat du rotor, avec une inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des unités de réglage et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.
Si nécessaire, l'éolienne peut être stoppée immédiatement, en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence (armoire de commande). Ce bouton déclenche un freinage d'urgence sur le rotor, avec une inclinaison rapide par l'intermédiaire des unités de réglage des pales et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée.
Une fois l'urgence passée, le bouton d'arrêt d'urgence doit être réarmé pour permettre le redémarrage de l'éolienne.
Si l'interrupteur principal de l'armoire de commande est mis en position d'arrêt, tous les composants de l'éolienne, à l'exception de l'éclairage du mât et de l'armoire électrique, ainsi que les différents interrupteurs d'éclairage et les connecteurs mobiles, sont déconnectés. L'éolienne déclenche l'inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des dispositifs d'inclinaison d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique n'est pas activé lorsque l'interrupteur principal est actionné.
En position d'arrêt, tous les composants de l'éolienne sont déconnectés, à l'exception de l'éclairage du mât et de l'armoire électrique, ainsi que les différents interrupteurs d'éclairage et les connecteurs mobiles. L'éolienne déclenche l'inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des dispositifs d'inclinaison d'urgence des pales du rotor. Le frein d'arrêt mécanique n'est pas activé lorsque l'interrupteur principal est actionné.

- **Certification de conformité aux normes européennes**

Les éoliennes répondront aux normes européennes de sécurité et un document de conformité sera remis au bureau de contrôle avant l'installation du modèle choisi. La conformité avec le réseau électrique fera aussi l'objet d'une attestation remise au bureau de contrôle lors de la réalisation.

- **Vérification de stabilité des ouvrages**

Le projet fera l'objet d'une vérification de stabilité par un bureau d'étude agréé. Un coordonnateur de sécurité produira un Plan général de coordination. Les plans particuliers de sécurité, prévention, santé (PPSPS) seront à produire par les entreprises participant à la construction.

- **Accessibilité**

La porte d'accès à l'intérieur de l'éolienne sera fermée à clé en permanence afin d'en interdire l'accès au public. Seules les personnes habilitées auront la clé et pourront intervenir pour effectuer les vérifications et la maintenance.

### 6.3.4 - Operations de maintenance de l'installation

Conformément à la directive 98/37/CE les machines feront l'objet de contrôles réguliers par des contrôleurs agréés. Le rythme de passage au moins annuel sera fixé et fera l'objet d'un engagement écrit auprès des autorités compétentes. Ce point est repris de manière plus développée et précise au paragraphe 7.3.1 - du chapitre 5, page 51.

### 6.3.5 - 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 éolien « Sud Artois ».

## 6.4 - FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

### 6.4.1 - Reseaux electriques

#### 6.4.1.1 - Réseau inter-éolien

Le schéma ci-dessous présente le principe de raccordement d'un parc éolien au réseau d'électricité. La production des éoliennes est fournie en 690 Volts, **tension relevée en 20 000 Volts par un transformateur intégré ou non dans le mât tubulaire ou la nacelle**[2].
Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.
Une ligne enterrée relie chaque éolienne au poste électrique général de livraison. Les raccordements sont en totalité réalisés au moyen de câbles normalisés enfouis.

[2] Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne ou dans la nacelle, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

Des câbles de télécommunication sont également nécessaires pour l'exploitation et la télésurveillance du parc éolien.
La société « Parc éolien du Sud Artois » sollicite l'approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution de l'électricité conformément à l'article 24 du décret n°2011-1967 du 1er décembre 2011 et à l'article L323-11 du Code de l'énergie.

L'ensemble des éléments techniques relatifs à cette demande incluant une description des liaisons électriques, du système de distribution, des conducteurs souterrains, des postes de livraison se situe en annexe du présent dossier.

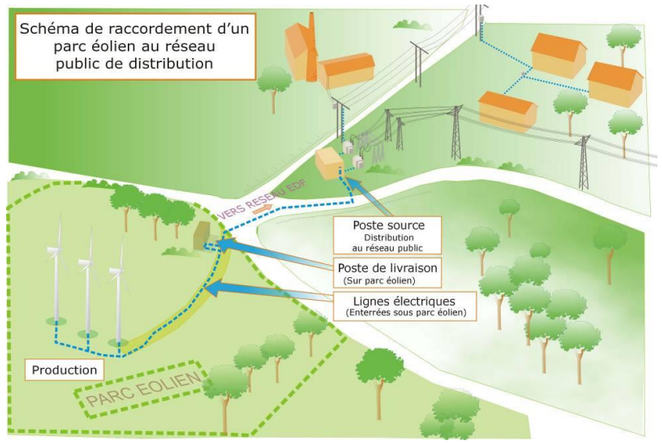



**Figure 23 : Composants du parc éolien**

Source : ADEME

#### 6.4.1.2 - Postes de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).
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.
Pour les 8 éoliennes du parc, 3 postes de livraison sont nécessaires. Un poste est placé au sud de l'éolienne 3, un autre poste est placé entre les éoliennes E7 et E9 et un dernier poste est placé au pied de l'éolienne E11. Ils comprendront :

- un compteur électrique,
- des cellules de protection,
- des sectionneurs,
- des filtres électriques.

Le poste de livraison sera fermé à clé en permanence afin d'en interdire l'accès au public. Seules les personnes habilitées auront la clé et pourront intervenir pour effectuer les vérifications et la maintenance.

#### 6.4.1.3 - Le raccordement électrique

Le raccordement électrique comprend :

- Le raccordement électrique interne au parc éolien (ou raccordement inter-éolien) jusqu'aux postes de livraison ;
- Les postes de livraison ;
- Le raccordement électrique externe au parc éolien.

A l'intérieur de chaque éolienne, un transformateur élève la tension produite par les génératrices à la tension requise pour le transport et la vente (20 000 volts).

Cette électricité est acheminée vers 3 **postes de livraison** implantés sur le parc via le **réseau de câbles inter-éolien**. Elle est ensuite livrée au Réseau Public de Transport (RPT) par l'intermédiaire d'**un poste source** ; le raccordement entre le poste de livraison et le poste source étant assuré par le gestionnaire de réseau d'électricité local.

La figure suivante présente le principe de raccordement électrique d'un parc éolien :

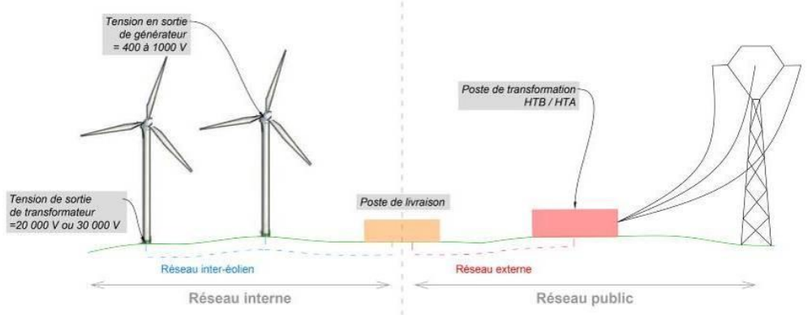



**Figure 24 : Principe du raccordement électrique d'une installation éolienne**

#### 6.4.1.4 - Raccordement inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Il s'agit du réseau interne de la centrale éolienne qui converge vers les postes de livraison. Il est constitués de 3 câbles torsadés (un par phase) d'une tension de 20 000 V

Dans le cadre du présent projet, le linéaire inter-éolien de câbles électriques représente 7 480 m. Le tracé souterrain de ce réseau suivra autant que possible les chemins et routes existants ou à créer (cf. carte suivante). Conformément aux prescriptions de la norme NF C13-200, ces câbles seront souterrains et enfouis à une profondeur minimale de 1,20 m sur les espaces agricoles, afin de ne pas gêner l'exploitation, et de 0,8 m au droit des chemins et accotement des routes existantes. La largeur des tranchées est de l'ordre de 30 cm pour une liaison à 65 cm pour deux liaisons.

En cas de franchissement de canalisations existantes, le passage des câbles sera réalisé selon les prescriptions du concessionnaire du réseau.

Afin d'optimiser les travaux, le réseau de fibre optique permettant la supervision et le contrôle des éoliennes à distance est inséré dans les tranchées réalisées pour les réseaux électriques internes.

#### 6.4.1.5 - Postes de livraison

Les postes de livraison (PDL) matérialisent le point de raccordement du parc au réseau public d'électricité. Il sert d'interface entre le réseau électrique en provenance des éoliennes et celui d'évacuation de l'électricité vers le réseau de distribution d'électricité (ENEDIS).

Un poste de livraison est composé de 2 ensembles :

- Une partie « électrique de puissance » où l'électricité produite par l'ensemble des éoliennes est livrée au réseau public d'électricité avec les qualités attendues (Tension, Fréquence, Harmonique) et où des dispositifs de sécurité du réseau permettent à son gestionnaire ENEDIS de déconnecter instantanément le parc en cas d'instabilité du réseau ;
- Une partie supervision où l'ensemble des paramètres de contrôle des éoliennes sont collectés dans une base de données, elle-même consultable par l'exploitant du parc.

Un poste de livraison standard permet de raccorder une puissance de 12 MW environ au réseau électrique. Compte tenu de la puissance maximale envisagée sur le parc de Sud Artois, 3 postes de livraison seront implantés pour évacuer l'électricité produite. Les postes doivent être accessibles en voiture pour la maintenance et l'entretien. Ils seront ici placés à proximité des chemins d'exploitations existants et sont donc facilement accessibles.

Le premier poste, le PDL n°1, est situé le long du chemin vicinal ordinaire n°4 de Beugny à Bus, au lieudit « Fossé de Vélu ». Le PDL n°2 est situé à proximité de l'éolienne E9 et le PDL n°3 est situé le long du chemin rural des fonds de Morchies au pied de l'éolienne E11.

Une attention particulière sera portée sur l'intégration paysagère du(des) poste(s) de livraison en fonction du contexte local (topographie, végétation, architecture des bâtis…).

La figure ci-après présente les postes de livraison, le raccordement interne et les chemins existants et à créer.

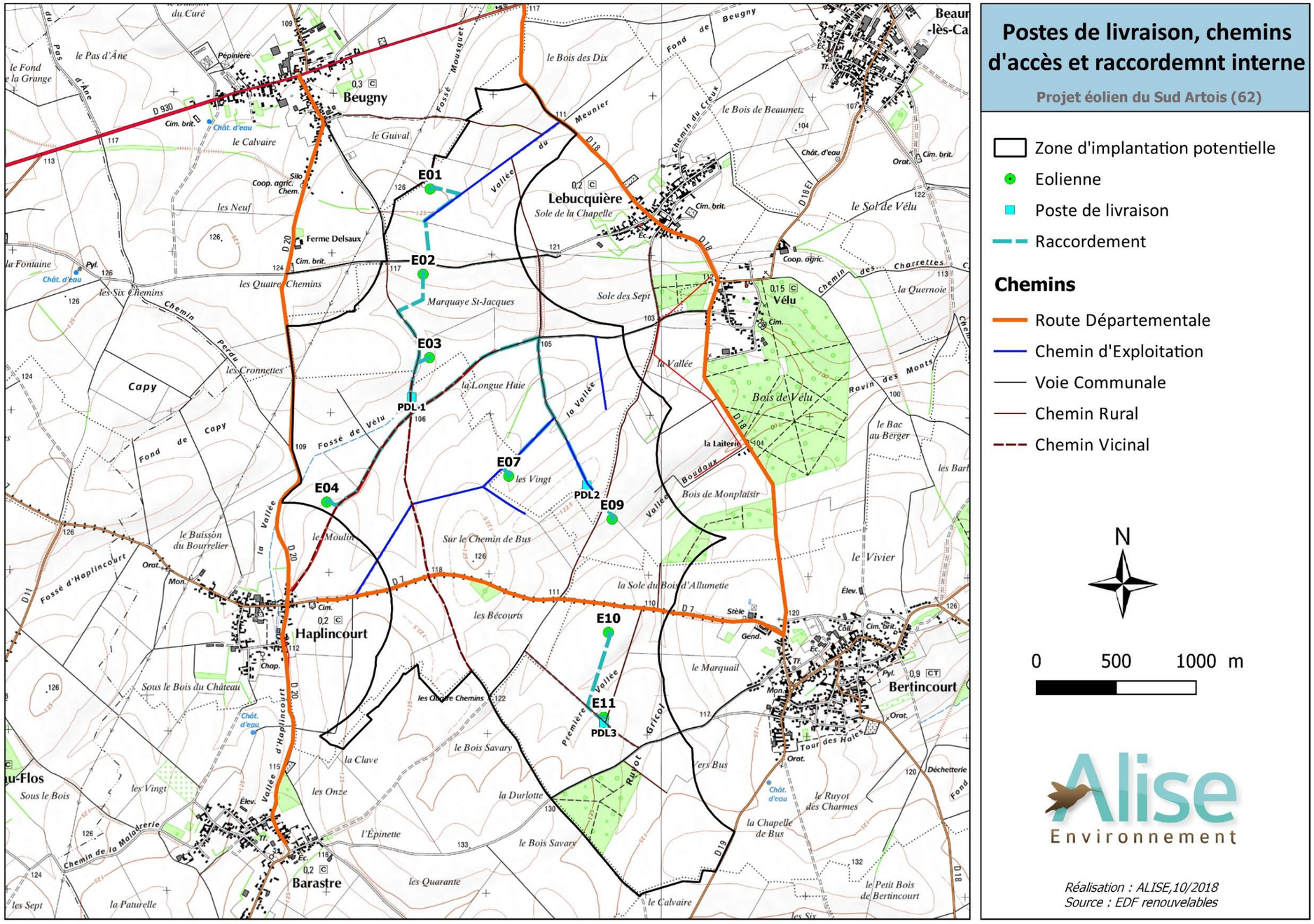



**Figure 25 : Postes de livraison, raccordement et chemins d'exploitation**

#### 6.4.1.6 - Raccordement externe et poste électrique de distribution (ENEDIS)

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution ENEDIS. Il est lui aussi entièrement enterré.

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution ENEDIS. Il est lui aussi entièrement enterré.

Au stade actuel de développement du projet, les conditions du raccordement externe (tracé jusqu'au poste source) ne sont pas connues. Celui-ci dépend en effet du gestionnaire de réseau électrique local qui donnera le cheminement précis du raccordement « d'export » seulement au moment où l'autorisation environnementale unique du parc éolien sera délivrée.

En effet le gestionnaire de réseau permet à tout porteur de projet d'obtenir des informations :

- non engageantes avant l'obtention de l'autorisation d'urbanisme ;
- engageante après obtention de l'autorisation d'urbanisme (par la Proposition Technique et Financière).

Le tracé exact ne sera défini qu'ultérieurement et la construction de la ligne électrique souterraine à 20 000 volts se fera sous le régime administratif suivant : articles 2 et 3 du Décret n°2011-1697 du 1er décembre 2011 relatif aux ouvrages des réseaux publics d'électricité et des autres réseaux d'électricité et au dispositif de surveillance et de contrôle des ondes électromagnétiques.

**Le raccordement au réseau électrique public est de la compétence du gestionnaire du dit réseau, qui définira le poste adéquat et le tracé du raccordement après autorisation du projet.**

Néanmoins, plusieurs postes à proximité du projet permettront d'évacuer l'électricité produite par le parc éolien.

| Poste source | Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR qui reste à affecter (MW) |
|---|---|
| Achiet | 38 |
| Marquion | 26,5 |
| Premy | 45 |

**Tableau 31 : poste source à proximité du projet et capacité réservées**

La puissance électrique cumulée du présent parc éolien est de 28,8 MW ; le raccordement au poste source se fera par 4 liaisons souterraines à 20 000 volts qui emprunteront la même tranchée de raccordement. Le tracé de cette liaison empruntera au maximum les routes et chemins existants. Le maître d'ouvrage de ce raccordement ne sera pas le pétitionnaire mais le gestionnaire de réseau de transport d'électricité local. Le coût du raccordement est néanmoins à la charge de la SAS Parc Eolien du Sud Artois.

Quelle que soit l'hypothèse de raccordement envisagée, le tracé précis et définitif de ce raccordement et le poste source retenu ne seront connus qu'à la réception de la convention de raccordement (CR) de la part du gestionnaire de réseau de transport d'électricité local, 3 mois après l'obtention de l'autorisation unique du parc éolien, la procédure ne permettant de rentrer en file d'attente qu'une fois l'autorisation unique obtenue.

### 6.4.2 - Autres reseaux

#### 6.4.2.1 - Réseaux d'eau

D'après les renseignements obtenus sur le site « réseaux et canalisations » de l'Ineris et Veolia, il existe des canalisations d'eau potable sur la Z.I.P au niveau des communes de Vélu et Lebucquière. L'éolienne la plus proche de la canalisation Veolia Ouest se trouve à 71 m.

#### 6.4.2.2 - Réseaux d'hydrocarbures

Il n'y a pas de canalisation d'hydrocarbures sur la commune d'implantation.
Le fonctionnement du parc éolien ne nécessite pas de raccordement à un réseau de gaz.

# 7 - INDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc.
L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, seront traitées dans l'analyse de risques.

## 7.1 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.
Les produits identifiés dans le cadre du parc « Sud Artois » sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

### 7.1.1 - INVENTAIRE DES PRODUITS

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation sont :

- ⇨ l'huile hydraulique (circuit haute pression),
- ⇨ l'huile de lubrification du multiplicateur,
- ⇨ l'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement,
- ⇨ les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements,
- ⇨ l'hexafluorure de soufre ($SF_6$), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique.

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

### 7.1.2 - DANGER DES PRODUITS

#### 7.1.2.1 - Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.
Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération. Le $SF_6$ est pour sa part ininflammable.

#### 7.1.2.2 - Toxicité pour l'homme

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs (à causticité marquée).

#### 7.1.2.3 - Dangerosité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le $SF_6$ possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).
Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu.

### 7.1.3 - CONCLUSION

En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, où ils vont entretenir cet incendie, ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux.

## 7.2 - POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien « Sud Artois » 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 ;
- ⇨ Echauffement de pièces mécaniques ;
- ⇨ Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

| Installation ou système | Fonction | Phénomène redouté | Danger potentiel |
|---|---|---|---|
| Système de transmission | Transmission d'énergie mécanique | Survitesse | Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique |
| Pale | Prise au vent | Bris de pale ou chute de pale | Energie cinétique d'éléments de pales |
| Aérogénérateur | Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne | Effondrement | Energie cinétique de chute |
| Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur | Réseau électrique | Court-circuit interne | Arc électrique |

| Installation ou système | Fonction | Phénomène redouté | Danger potentiel |
|---|---|---|---|
| Nacelle | Protection des équipements destinés à la production électrique | Chute d'éléments | Energie cinétique de projection |
| Rotor | Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique | Projection d'objets | Energie cinétique des objets |
| Nacelle | Protection des équipements destinés à la production électrique | Chute de nacelle | Energie cinétique de chute |

**Tableau 32 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation**

## 7.3 - REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGER A LA SOURCE

### 7.3.1 - PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

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.

#### 7.3.1.1 - Choix de l'emplacement des installations

Suite à une première analyse, le site du projet a été retenu car il offre de nombreux avantages pour l'implantation d'éoliennes (cf. chapitre « Raison du choix » de l'étude d'impact) et notamment :

- l'absence ou la très faible probabilité de risques naturels dans le secteur d'étude (inondation, mouvement de terrain, incendie de forêt, séisme,…) – cf. paragraphe 3.2 -Risques majeurs page 20 ;
- un éloignement des aérogénérateurs par rapport aux habitations de plus de 500 m – cf. paragraphe 4.1.2 - Habitat page 25 ;
- des servitudes aéronautique ou radioélectrique qui ne compromettent pas l'implantation d'éoliennes puissantes.

#### 7.3.1.2 - Réduction des potentiels de dangers lies aux produits

Les produits dangereux présents sur l'éolienne ne peuvent pas être supprimés car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du procédé (lubrification).

#### 7.3.1.3 - Réduction des potentiels de dangers liés au fonctionnement

- **Conformité des éoliennes**

Une éolienne est une machine au sens de la directive européenne 98/37/CE concernant le rapprochement des législations des Etats membre relatives aux machines et qui est transposée en droit français par les articles L. 233-5 et suivants du code du travail ainsi que par les décrets d'applications de ces textes.
Les éoliennes du parc éolien du Sud Artois seront conformes à la directive 98/37/CE et aux dispositions pertinentes du code du travail.

Ainsi, les éoliennes :

- satisferont aux exigences essentielles de sécurité de cette directive ou les normes harmonisées traduisant ces exigences ;
- seront revêtues du marquage "CE" ;
- disposeront d'une déclaration de conformité délivrée par le fabricant au titre de l'article R. 233-73 du code du travail, attestant de la conformité de la machine aux prescriptions techniques la concernant.

La directive 98/37/CE sera appliquée par les dispositions suivantes :

- chaque machine portera de manière lisible et indélébile les indications minimales suivantes (point 1.7.3 de l'annexe 1 sous l'article R. 233-84 du Code du Travail) :
- le nom du fabricant et son adresse ;
- le marquage "CE" de conformité constituée des initiales "CE" (art R. 233-73 du Code du Travail);
- la désignation de la série ou du type ;
- le numéro de série (s'il existe) ;
- l'année de construction ;
- l'exploitant disposera de la déclaration "CE" de conformité (art R. 233-73 du Code du Travail) établit par le fabricant pour attester la conformité des machines et des composants de sécurité à la directive pour chacune des machines ou chacun des composants de sécurité fabriqués ;
- l'exploitant disposera de la notice d'instructions (point 1.7.4 de l'annexe 1 sous l'article R. 233-84 du Code du Travail) pour chaque machine qui comportera notamment les instructions nécessaires pour que la mise en service, l'utilisation et la maintenance s'effectuent sans risque.

De plus, les éoliennes du parc éolien seront dimensionnées afin de répondre aux exigences de :

- bonne application des principes généraux de prévention (art. L. 230-1 et suivants) ;
- stabilité des machines (point 1.3.1 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques de rupture en service (point 1.3.2 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques dus aux chutes et projections d'objets (point 1.3.3 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail) ;
- risques de chutes (point 1.5.15 de l'annexe 1 sous art. R. 233-84 du Code du Travail).

Elles disposeront d'un dossier de maintenance (art. R.235-5) ou d'un dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage.

Lorsque les travaux seront réalisés, en fonction de la coordination mise en œuvre :

- soit le plan de prévention sera établi en respect des prescriptions particulières applicables aux travaux réalisés dans des sites en exploitation (art. R. 237-1 et suivants) ;
- soit la mise en œuvre de la coordination s'effectuera en respect des prescriptions particulières applicables aux opérations de bâtiment ou de génie civil (art. R. 238-1 et suivants).

- **Contrôle technique des éoliennes**

Le décret n° 2007-1327 du 11 septembre 2007 introduit un contrôle technique obligatoire pour les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure à 12 mètres.
Ces contrôles seront réalisés durant la phase de construction de l'éolienne. Ils concernent le massif de stabilité (fondation) de l'éolienne ainsi que les liaisons entre ce massif et la machine.

- **Maintenance et entretien du matériel**

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs des constructeurs des éoliennes, formés pour ces interventions.
Tout au long des années de fonctionnement de l'éolienne, des opérations de maintenance programmées vérifient l'état et le fonctionnement des sous-systèmes de l'éolienne :

- ⇨ à chaque anniversaire de la première mise en route de l'éolienne,
- ⇨ tous les 4 ou 5 ans (selon l'élément) après la première mise en route de l'éolienne,
- ⇨ tous les 10 ans après la première mise en route de l'éolienne.

- **Autres contrôles réglementaires périodiques**

Conformément à la réglementation, un contrôle de l'ensemble des installations électriques sera réalisé tous les ans par un organisme agréé. En cas de besoin, des contrôles complémentaires seront opérés tels que :

- ➢ la vérification de l'absence de dommage visible pouvant affecter la sécurité,
- ➢ la résistance d'isolement de l'installation électrique,
- ➢ la séparation électrique des circuits,
- ➢ les conditions de protection par coupure automatique de l'alimentation.

Les équipements et accessoires de levage feront également l'objet de contrôles périodiques par des organismes agréés.
Le matériel incendie sera contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme agréé extérieur.
Les résultats des contrôles des installations électriques, des équipements de levage et du matériel incendie seront consignés dans des registres tenus à la disposition de l'Inspection des installations classées.

- **Maintenance curative**

Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (exemple : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite,…). Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

- **Formation du personnel**

Le personnel intervenant sur les installations (monteurs, personnel affecté à la maintenance) est formé et encadré. La formation porte notamment sur :

- ➢ la présentation générale d'une éolienne et les risques associés à son fonctionnement,
- ➢ les règles de sécurité à respecter,
- ➢ l'utilisation des équipements de protection individuelle, notamment les dispositifs de protection contre les chutes,
- ➢ le travail en hauteur,
- ➢ la lutte contre l'incendie,
- ➢ les habilitations électriques.

Les opérations réalisées tant dans le cadre du montage, de la mise en service que des opérations de maintenance périodique sont effectuées suivant des procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

### 7.3.2 - Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.
Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des Etats-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.
Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.

# 8 - ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

## 8.1 - INTRODUCTION

Dans cette partie de l'étude de dangers sont recensés et analysés les accidents survenus sur des installations similaires à l'installation concernée par l'étude de dangers.

Rappelons que l'objectif de l'analyse de l'accidentologie n'est pas de dresser une liste exhaustive de tous les accidents ou incidents survenus, ni d'en tirer des données statistiques. Il s'agit, avant tout, de rechercher les types de sinistres les plus fréquents, leurs causes et leurs effets, ainsi que les mesures prises pour limiter leur occurrence ou leurs conséquences.

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 9.7 -9 -, page 57.

## 8.2 - INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

### 8.2.1 - BASES DE DONNEES CONSULTEES

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

L'accidentologie relatée ci-après résulte de la consultation principalement de :

- ⇨ La base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire) qui recense et analyse les accidents et incidents, survenus en France ou à l'étranger, depuis le 1er janvier 1992 (date de création du BARPI). Les événements les plus graves qui ont pu se produire avant 1992 sont également répertoriés (6% des accidents français ou étrangers recensés dans ARIA sont antérieurs à 1988).
- ⇨ La note technique accidentologie du SER – FEE[3] recense des incidents liés aux parcs éoliens en France, sur la base des informations suivantes :
  - rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004),
  - base de données ARIA,
  - communiqués de presse du SER – FEE et/ou des exploitants éoliens,
  - site Internet de l'association « Vent de Colère » (anti-éolien),
  - site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » (anti-éolien),
  - articles de presse divers,
  - données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

Cette note fournit également, dans sa deuxième partie des indications qualitatives sur les typologies d'accidents ayant affectés des parcs éoliens dans le reste du monde. La note précise qu'il apparaît impossible aujourd'hui d'effectuer un recensement exhaustif à l'échelle internationale, en raison notamment du grand nombre de parcs installés et du manque de retours d'expérience dans certains pays.

### 8.2.2 - INVENTAIRES DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

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

[3] Note technique accidentologie, SER – FEE, Groupe de Travail Etudes de Dangers, Avril 2011

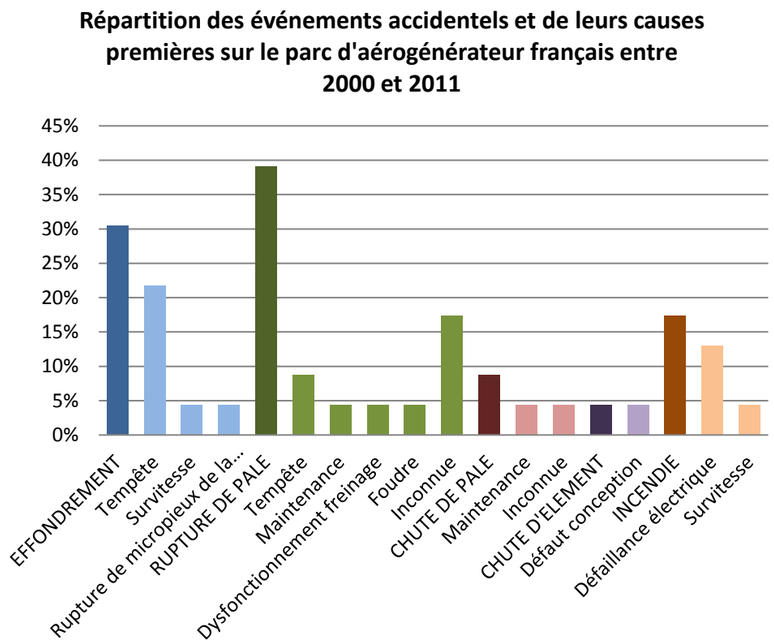



**Figure 26 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011**

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

Les recherches effectuées dans les bases citées précédemment ont porté sur les éoliennes. Les résultats obtenus sont reproduits à l'ANNEXE 2 - TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANCAISE page 91.

## 8.3 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

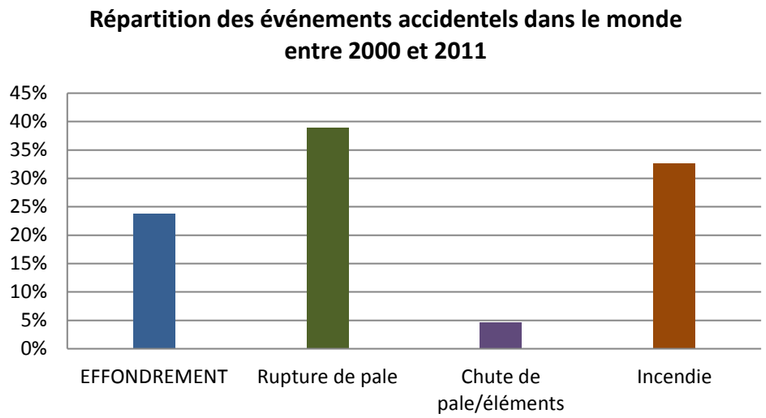



**Figure 27 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011**

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

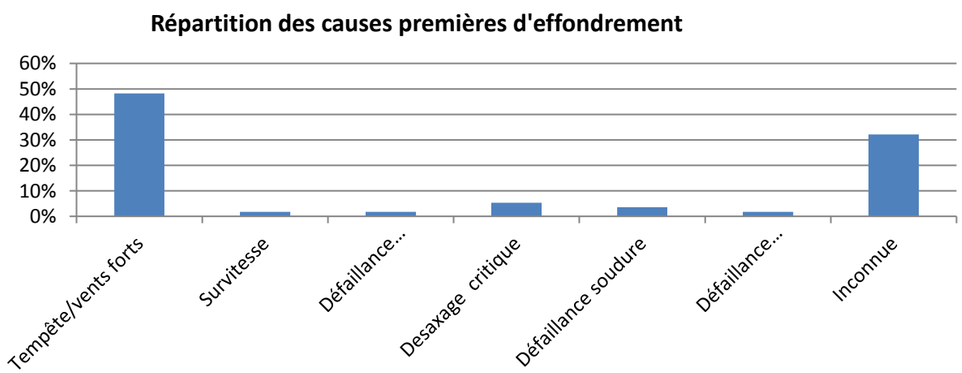



**Figure 28 : Répartition des causes premières d'effondrement**

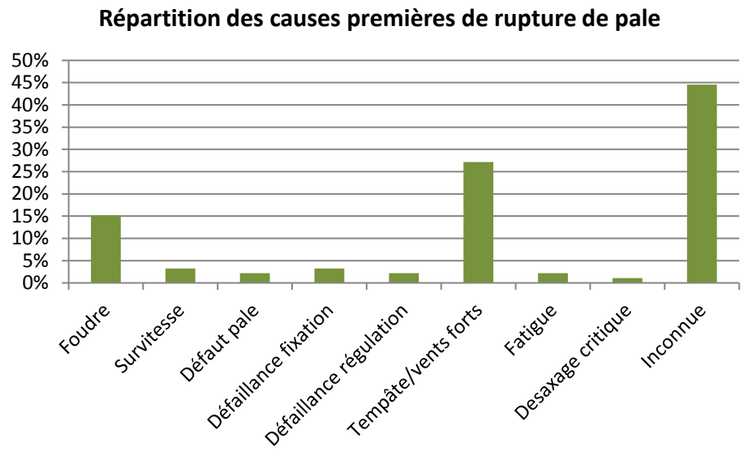



**Figure 29 : Répartition des causes premières de rupture de pale**

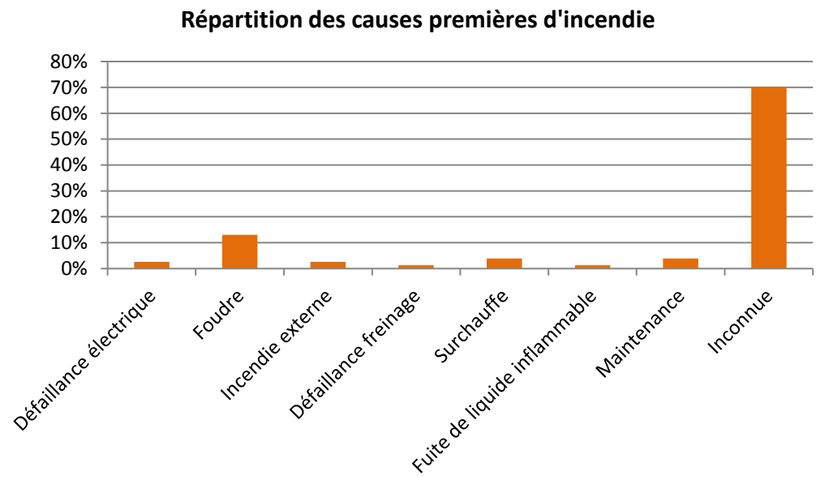



**Figure 30 : Répartition des causes premières d'incendie**

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

## 8.4 - INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

La Société Parc éolien du Sud Artois n'exploite pas encore de parc éolien.

Parmi les parcs éoliens qui sont exploités par la société mère, EDF EN, un seul accident est à constater récemment : il s'agit d'une rupture de pale le 18/01/2017 à Nurlu (80), sur un parc, déjà construit, racheté par EDF EN, cependant les causes sont encore mal connues (l'enquête est en cours). Aucun blessé n'est à déplorer.

## 8.5 - SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

### 8.5.1 - ANALYSE DE L'EVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

La Figure 31 ci-contre montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant.

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

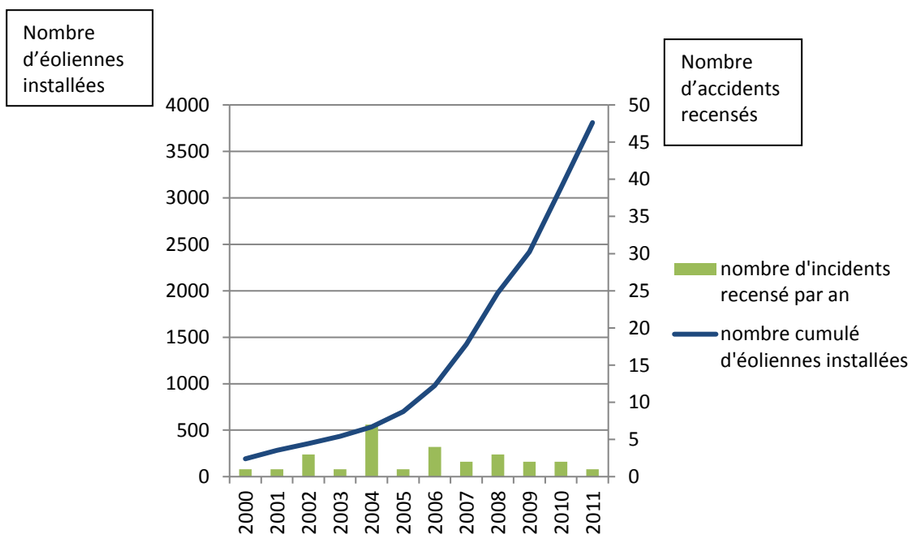



**Figure 31 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées**

On peut noter l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant

### 8.5.2 - ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

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

## 8.6 - LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

# 9 - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

## 9.1 - OBJECTIFS DE L'APR

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

## 9.2 - RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques car les conséquences propres de ces événements, en termes de gravité et d'intensité, sont largement supérieures aux conséquences potentielles de l'accident qu'ils pourraient entraîner sur les aérogénérateurs. Le risque de sur-accident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements suivants :

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

## 9.3 - RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

### 9.3.1 - AGRESSION EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

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

| Infrastructure | Fonction | Evénement redouté | Danger potentiel | Périmètre | Distance par rapport au mât des éoliennes | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | E1 | E2 | E3 | E4 | E7 | E9 | E10 | E11 |
| Voies de circulation | Transport | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m | Néant | Néant | Néant | Néant | Néant | Néant | 175 m | Néant |
| Aérodrome | Transport aérien | Chute d'aéronef | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique | 2000 m | Néant | Néant | Néant | Néant | Néant | Néant | Néant | Néant |
| Ligne THT | Transport d'électricité | Rupture de câble | Arc électrique, surtensions | 200 m | Néant | Néant | Néant | 113 m | Néant | Néant | Néant | Néant |
| Autres aérogénérateurs | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments | Energie cinétique des éléments projetés | 500 m | Néant | Néant | Néant | Néant | 468 m | Néant | Néant | Néant |

**Tableau 33 : Principales agressions extérieures potentielles**

**Remarque : Il y a une éolienne du parc éolien des Pâquerettes accordé située à 468m de l'éolienne E7 du projet de parc éolien Sud Artois.**

**a) Danger lié aux voies de circulation**

La zone d'implantation est située entre la route départementale D930 au nord et l'autoroute A2 au sud. Elle est bordée par les routes départementales D18 et D19 à l'est et par la route départementale D20 à l'ouest. Enfin, elle est traversée par la route départementale D7 et plusieurs voies communales.
Le tableau suivant présente les comptages routiers sur ces routes :

| Route | Localisation | Nombre total de véhicules par jour (en MJATV) |
|---|---|---|
| RD 930 | Beugny | 2548 |
| RD 18 | Beugny | 675 |
| RD 18 | Lebucquière | 358 |
| RD 18 | Lebucquière | 683 |
| RD 18 | Vélu | 961 |
| RD 18 | Bertincourt | 766 |
| RD 20 | Beugny | 469 |
| RD 20 | Haplincourt | 288 |
| RD 20 | Barastre | 459 |
| RD 20 | Barastre | 217 |
| RD 7 | Haplincourt | 1284 |
| RD 7 | Haplincourt | 1146 |
| RD 7 | Haplincourt | 1447 |
| RD 19 | Rocquigny | 992 |
| RD 19 | Rocquigny | 442 |
| RD 19 | Barastre | 335 |
| RD 7E1 | Bus | 121 |
| A 2 | Ytres | 21441 |

**Tableau 34 : Comptages routiers**

Source : Conseil Départemental du Pas-de-Calais, DREAL Nord-Pas-de-Calais

Le tableau suivant présente les distances entre les routes du secteur et les éoliennes les plus proches :

| Route | Eolienne la plus proche | Distance |
|---|---|---|
| A2 | E11 | 2,37 km |
| RD 930 | E1 | 0,99 km |
| RD 18 | E1 | 0,80 km |
| RD 19 | E11 | 1,0 km |
| RD 20 | E4 | 0,21 km |

**Tableau 35 : Distances entre les routes du secteur et les éoliennes les plus proches**

Le tableau suivant présente les distances entre les routes départementales les plus proches du parc et les éoliennes les plus proches :

| Route | Eolienne la plus proche | Distance |
|---|---|---|
| RD7 | E10 | 179 m |

**Tableau 36 : Distances entre la RD 7 et les éoliennes les plus proches**

**Compte-tenu de ces distances, les risques d'un accident sur ces routes pour le projet Sud Artois sont exclus.**

Les dangers potentiels liés à la circulation automobile sont :

- ⇨ l'énergie cinétique des véhicules en cas d'accident,
- ⇨ les flux thermiques en cas d'incendie d'un véhicule.

En général, les zones d'effets d'un accident automobile restent localisées sur la route et ses abords immédiats (bas-côté), jusqu'à quelques dizaines de mètres maximum de part et d'autre de la route.

Compte-tenu des distances assez importantes entre les éoliennes et les routes du secteur, les risques liés à un accident automobile pour le parc éolien sont exclus.

**b) Danger lié aux lignes électriques**

Selon les données fournies par ENEDIS en mars 2015, plusieurs lignes électriques sont présentes sur les communes concernées par la zone d'implantation potentielle (Une demande de mise à jour de ces informations, actuellement en cours de traitement, a été effectuée) :

- ⇨ des lignes électriques Basse Tension (BT, transportant de 50 à 1000 V en alternatif et de 120 à 1500 V en courant continu lisse) aériennes, souterraines et torsadées,
- ⇨ des lignes électriques Haute Tension A (HTA, transportant de 1 à 50 kV en alternatif et de 1,5 à 75 kV en continue lisse), aériennes et souterraines.

Les lignes électriques d'ENEDIS traversant la Z.I.P. sont les suivantes :

- ⇨ deux lignes Haute Tension A (HTA) souterraines sur la commune de Lebucquière,
- ⇨ une ligne HTA aérienne sur les communes d'Haplincourt et de Beugny,
- ⇨ une ligne HTA aérienne sur la commune de Vélu,

De son coté, RTE dispose d'une ligne Très Haute Tension (225 kV) traversant la zone d'implantation potentielle au niveau des communes de Lebucquière et Haplincourt.

La ligne électrique est très fortement chargée électriquement. Cela induit une différence de potentiel électrique (tension) entre la ligne et tout objet extérieur.

L'air est un isolant naturel. En situation normale, la distance entre un être humain au sol et les câbles électriques est suffisamment importante pour écarter tout risque d'arc électrique.

Un phénomène d'arc électrique se forme lorsque la distance entre l'objet et la ligne électrique est trop courte. L'air perd alors son caractère isolant et devient localement conducteur, ce qui permet aux particules électriques de la ligne de se frayer un chemin vers l'objet. Dès lors, un arc électrique se forme.

Pour les lignes électriques aériennes telles que celles gérées par ENEDIS, la distance nécessaire pour observer un phénomène d'arc électrique est de quelques cm ou quelques dizaines de cm tout au plus. A plus de 2 m de distance, il n'y a aucun risque.

En effet, selon les recommandations d'ENEDIS, en cas de travail à proximité d'une ligne électrique, la distance à respecter est de 3 mètres en HTA et de 5 mètres en HTB pour les lignes aériennes. Cette distance entre la ligne électrique et la personne, l'engin ou l'outil garantie la sécurité en écartant le risque d'arc électrique (source : www.sousleslignes-prudence.com).

**L'éolienne la plus proche (E1) de la ligne électrique à haute tension de 225 kV se trouve à 215 m. L'éolienne la plus proche de la ligne électrique d'ENEDIS (E4) est à 115m de cette dernière.**

Dans le cas des éoliennes du parc éolien du Sud-Artois, compte-tenu des distances (plus de 115 m) et en raison du pouvoir isolant de l'air, les risques de formation d'un arc électrique entre la ligne et l'extrémité d'une pale des éoliennes sont totalement exclus que ce soit en situation normale ou en situation dégradée.
La rupture d'un câble de la ligne électrique HTA peut survenir suite à un évènement météorologique majeur (accumulation de neige collante, tempête) ou un problème technique (fragilisation des supports des câbles). Dans ce cas, le ou les câble(s) de la ligne électrique peuvent chuter au sol. Le danger est présent au voisinage des câbles pour des personnes car il n'y a plus la protection par le caractère isolant de l'air.
Vis-à-vis des éoliennes du projet, même en situation dégradée, la distance entre la ligne électrique et l'extrémité des pales resterait largement supérieure à plusieurs centaines de mètres, ce qui écarte tout risque de formation d'arc électrique.
A titre d'information, les services d'ENEDIS préconisent une distance d'éloignement de 2 m concernant le mât et éventuels haubanages, et une distance minimale de 3 m concernant les pales et la nacelle par rapport au gabarit cinématique.
Le schéma ci-après présente les distances d'éloignement préconisées par ENENDIS.

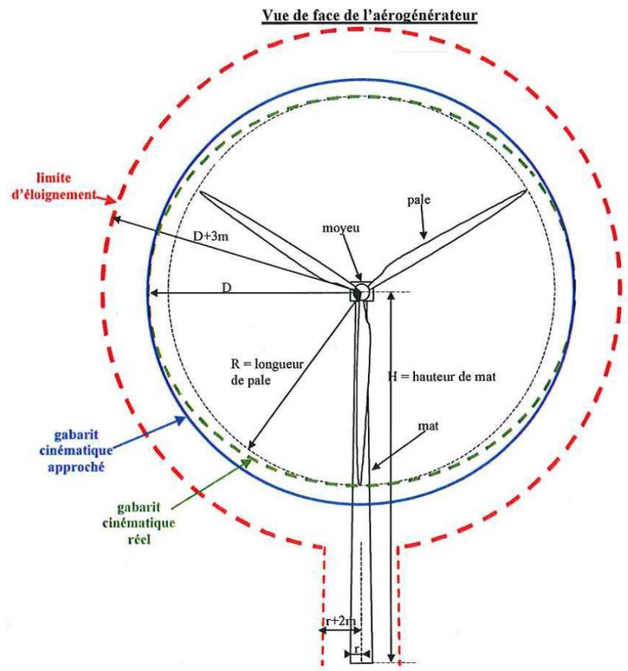



**Figure 32 : Distance d'éloignement par rapport aux lignes HTA**

Source : ENEDIS

**c) Danger lié aux aérodromes**

L'aéroport le plus proche est celui de Cambrai - Niergnies situé sur la commune de Niergnies à environ 22 km au nord-est de la zone d'implantation.

**d) Danger lié aux aérogénérateurs**

Il n'y a pas d'autre aérogénérateur d'un autre parc éolien autorisé dans un rayon de 500 m autour de la zone d'implantation.

### 9.3.2 - AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

| Agression externe | Intensité |
|---|---|
| Vents et tempête | Les communes d'implantation ne sont pas soumises au risque de tempête.<br>Secteur du projet en dehors des zones affectées par des cyclones tropicaux. |
| Foudre | Faible densité d'arc sur la zone d'étude (inférieure à la moyenne nationale)<br>Les éoliennes respectent la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) |
| Glissement de sols/ affaissement miniers | Pas de document attestant la présence de cavité souterraine sur la zone d'implantation |

**Tableau 37 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels**

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

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

Comme dans tout projet éolien, une étude géotechnique sera réalisée au préalable à l'implantation des éoliennes. Le projet s'adaptera aux contraintes géotechniques du secteur.

## 9.4 - SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-après présente l'analyse des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité :

- ⇨ « G » pour les scénarios concernant la glace,
- ⇨ « I » pour ceux concernant l'incendie,
- ⇨ « F » pour ceux concernant les fuites,
- ⇨ « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne,
- ⇨ « P » pour ceux concernant les risques de projection,
- ⇨ « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

| N° | Evénement initiateur | Evénement intermédiaire | Evénement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **G01** | Conditions climatiques favorables à la formation de glace | Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle | Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2) | Impact de glace sur les enjeux | 1 |
| **G02** | Conditions climatiques favorables à la formation de glace | Dépôt de glace sur les pales | Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1) | Impact de glace sur les enjeux | 2 |
| **I01** | Humidité / Gel | Court-circuit | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir les courts-circuits (N°5) | Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie | 2 |
| **I02** | Dysfonctionnement électrique | Court-circuit | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir les courts-circuits (N°5) | Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie | 2 |
| **I03** | Survitesse | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4) | Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie | 2 |
| **I04** | Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) | Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie | 2 |
| **I05** | Conditions climatiques humides | Surtension | Court-circuit | Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7) | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie | 2 |
| **I06** | Rongeur | Surtension | Court-circuit | Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7) | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie | 2 |
| **I07** | Défaut d'étanchéité | Perte de confinement | Fuites d'huile isolante | Prévention et rétention des fuites (N°8) | Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie | 2 |

| N° | Evénement initiateur | Evénement intermédiaire | Evénement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **F01** | Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur | Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration | Infiltration d'huile dans le sol | Prévention et rétention des fuites (N°8) | Pollution environnement | 1 |
| **F02** | Renversement de fluides lors des opérations de maintenance | Ecoulement | Infiltration d'huile dans le sol | Prévention et rétention des fuites (N°8) | Pollution environnement | 1 |
| **C01** | Défaut de fixation | Chute de trappe | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Impact sur cible | 1 |
| **C02** | Défaillance fixation anémomètre | Chute anémomètre | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| **C3** | Défaut fixation nacelle – pivot central – mât | Chute nacelle | Chute d'élément de l'éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Impact sur cible | 1 |
| **P01** | Survitesse | Contraintes trop importante sur les pales | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la survitesse (N°4) | Impact sur cible | 2 |
| **P02** | Fatigue Corrosion | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) | Impact sur cible | 2 |
| **P03** | Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage | Chute de fragment de pale | Projection de tout ou partie pale | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) | Impact sur cible | 2 |

| N° | Evénement initiateur | Evénement intermédiaire | Evénement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique) | Phénomène dangereux | Qualification de la zone d'effet |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **E01** | Effets dominos autres installations | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| **E02** | Glissement de sol | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| **E05** | Crash d'aéronef | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| **E07** | Effondrement engin de levage travaux | Agression externe et fragilisation structure | Effondrement éolienne | Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13) | Chute fragments et chute mât | 2 |
| **E08** | Vents forts | Défaillance fondation | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| **E09** | Fatigue | Défaillance mât | Effondrement éolienne | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |
| **E10** | Désaxage critique du rotor | Impact pale – mât | Effondrement éolienne | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10) | Projection/chute fragments et chute mât | 2 |

**Tableau 38 : Analyse des risques**

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.

## 9.5 - 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 génériques présentés ci-dessus.

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise : « […] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers […]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ».

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

## 9.6 - MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du projet du Sud Artois. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

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

| Fonction de sécurité | Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace | N° de la fonction de sécurité | 1 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Système de détection par déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur (analyse des paramètres de puissance).<br>Temps de redémarrage automatique échelonné en fonction de la température extérieure. | | |
| Description | Système de détection de la formation de givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur.<br>Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site. | | |
| Indépendance | Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation. | | |
| Temps de réponse | Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011. | | |
| Efficacité | 100 % | | |
| Tests | Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne. | | |
| Maintenance | Vérification du système (opérations de maintenance sur les systèmes de contrôle) au bout de 300 heures de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace | N° de la fonction de sécurité | 2 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Panneautage en pied de machine, sur le poste de livraison, ainsi que sur les voies d'accès au parc.<br>Eloignement des zones habitées et fréquentées. | | |
| Description | Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011). | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100%. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique. | | |
| Tests | NA | | |
| Maintenance | Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques | N° de la fonction de sécurité | 3 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Capteurs de température des pièces mécaniques.<br>Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes<br>Communication continue des paramètres de fonctionnement ainsi que des alarmes au centre de contrôle du fabricant des éoliennes.<br>Mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement et intervention sur site pour contrôles et redémarrage. | | |
| Description | En cas de température anormalement haute, une alarme est émise au centre de contrôle du fabricant des éoliennes.<br>Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant. | | |
| Indépendance | Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation. | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | Pas de test. Cependant si le capteur est défectueux, il est systématiquement remis en cause et changé. | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois (notamment contrôle des bacs de graissage et écoute de la machine) de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.<br>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir la survitesse | N° de la fonction de sécurité | 4 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Détection de survitesse et systèmes de freinage. | | |
| Description | Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.<br>NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et/ou d'un frein mécanique auxiliaire. | | |
| Indépendance | Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc (régulation d'angle des pales).<br>Le système de détection de survitesse est cependant un système mécanique indépendant dont la fonction est dédiée à la sécurité.<br>Le système coupe l'alimentation électrique des pitch. Les condensateurs électriques du système de sécurité des pitchs se déchargent alors, activant la mise en drapeau des pales. | | |
| Temps de réponse | Temps de détection < 1 minute<br>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011. | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.<br>Un test de survitesse est également effectué lors du commissioning de l'installation. | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.<br>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. | | |

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

| Fonction de sécurité | Prévenir les effets de la foudre | N° de la fonction de sécurité | 6 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur. | | |
| Description | Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24.<br>Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en aluminium moulé, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.<br>Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécom est protégée par des parasurtenseurs de ligne et une protection galvanique. En fin, une liaison de communication télécom en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau.<br>De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau. | | |
| Indépendance | Oui | | |
| Temps de réponse | Immédiat dispositif passif. | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. | | |

| Fonction de sécurité | Protection et intervention incendie | N° de la fonction de sécurité | 7 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine.<br>Système de détection incendie relié au système de transmission qui émet une alarme au centre de contrôle du fabricant des éoliennes et prévient SAMEOLE par SMS.<br>Intervention des services de secours. | | |
| Description | Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance du fabricant des éoliennes ainsi qu'à SAMEOLE par SMS, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents.<br>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.<br>L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.<br>Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.<br>Maintenance curative suite à une défaillance du matériel. | | |

| Fonction de sécurité | Prévention et rétention des fuites | N° de la fonction de sécurité | 8 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Détecteurs de niveau d'huiles.<br>Procédure d'urgence. Kit antipollution.<br>Rétentions pouvant contenir 100% des fuites. | | |
| Description | De nombreux détecteurs de niveau de lubrifiant permettent de détecter les éventuelles fuites et d'arrêté l'éolienne en cas d'urgence.<br>Les opérations de remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance.<br>La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle. | | |
| Indépendance | Oui. | | |
| Temps de réponse | Instantané | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Inspection des niveaux d'huile et de l'état des rétentions plusieurs fois par an. | | |

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

| Fonction de sécurité | Prévenir les erreurs de maintenance | N° de la fonction de sécurité | 10 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Procédure maintenance | | |
| Description | Préconisations du manuel de maintenance.<br>Formation du personnel de manière à prévoir les erreurs de maintenance. | | |
| Indépendance | Oui. | | |
| Temps de réponse | NA | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | Opérations de maintenance divisées en quatre types :<br>Inspection visuelle : une fois par an<br>Graissage d'entretien : une fois par an<br>Maintenance électrique : une fois par an<br>Maintenance mécanique : une fois par an<br>Chaque opération de maintenance dispose de procédures spécifiques. | | |
| Maintenance | NA | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort | N° de la fonction de sécurité | 11 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents.<br>Détection et prévention des vents forts et tempêtes.<br>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite. | | |
| Description | Procédure « site vérification » : une étude de vent est menée sur un an afin de vérifier l'adéquation effective des machines. En cas de doute sur l'adéquation des aérogénérateurs, le site est modélisé et une étude de charge est effectuée.<br>L'éolienne est mise à l'arrêt progressivement si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue. | | |
| Indépendance | Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation. | | |
| Temps de réponse | < 1 min | | |
| Efficacité | 100%<br>NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés. Si le site est trop turbulent ou les machines trop rapprochées entre elle il est possible de mettre en place des arrêts sectoriels pour limiter l'impact de la turbulence sur les machines. | | |
| Tests | Procédure de « Site Vérification » (contrôle de l'adéquation par rapport à des mesures de fonctionnement). | | |
| Maintenance | Les paramètres d'entrée en cas d'arrêt sectoriel sont régulièrement mis à jour et contrôlés lors des modifications d'hardware ou de software. Sinon aucune autre maintenance spécifique n'est identifiée notamment sur le « storm control » un module intrinsèque à la machine. Ce système est directement lié aux courbes opérationnelles des machines.<br>En cas de défaut sur cette courbe la machine se met à l'arrêt. | | |

| Fonction de sécurité | Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques | N° de la fonction de sécurité | 12 |
|---|---|---|---|
| Mesures de sécurité | Mise en sécurité (arrêt) de l'éolienne en cas de disfonctionnement des systèmes. | | |
| Description | Les courbes de puissance de l'éolienne sont analysées et évaluées par rapport à des valeurs de référence. En cas d'anomalie, l'éolienne est arrêtée.<br>Les signaux des différents capteurs sont traités par microprocesseur au sein des armoires de commande situé dans la nacelle. Dès qu'une erreur est relevée sur le système de communication lié à ce microprocesseur, la machine s'arrête.<br>La défaillance d'un élément de sécurité entraine donc la mise à l'arrêt de l'éolienne (freinage aérodynamique de l'éolienne). Il suffit qu'une seule pale soit mise en drapeau pour freiner l'éolienne.<br>Le système de transmission de l'éolienne envoie un message dès la détection de l'anomalie.<br>De plus, les 3 systèmes de régulation des angles des pales sont indépendants. | | |
| Indépendance | Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation. | | |
| Temps de réponse | Quelques secondes (<2 min) | | |
| Efficacité | 100% | | |
| Tests | / | | |
| Maintenance | Contrôle et entretien des équipements | | |

**Tableau 39 : Fonction de sécurité**

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

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

## 9.7 - CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

**Tableau 40 : Scénarios exclus**

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

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

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

# 10 - ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

## 10.1 - RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

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

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

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

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

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

### 10.1.1 - CINETIQUE

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

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

Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide. Ce paramètre ne sera donc pas détaillé à nouveau dans chacun des phénomènes redoutés étudiés par la suite.

### 10.1.2 - INTENSITE

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 – indice [13] en Annexe 6).

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. indice [13] en Annexe 6 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

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

**Tableau 41 : Degré d'exposition**

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

### 10.1.3 - GRAVITE

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.

L'échelle de gravité des conséquences sur l'homme définie dans l'arrêté PCIG du 29 septembre 2005 est la suivante :

| *Niveau de gravité* | *Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs* | *Zone délimitée par le seuil des effets létaux* | *Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine* |
|---|---|---|---|
| **H5. Désastreux** | Plus de 10 personnes exposées | Plus de 100 personnes exposées | Plus de 1 000 personnes exposées |
| **H4. Catastrophique** | Moins de 10 personnes exposées | Entre 10 et 100 personnes exposées | Entre 100 et 1 000 personnes exposées |
| **H3. Important** | Au plus 1 personne exposée | Entre 1 et 10 personnes exposées | Entre 10 et 100 personnes exposées |
| **H2. Sérieux** | Aucune personne exposée | Au plus 1 personne exposée | Moins de 10 personnes exposées |
| **H1. Modéré** | Pas de zone de létalité hors établissement | | Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne » |

**Tableau 42 : Echelle de gravité des conséquences sur l'homme**

### 10.1.4 - Probabilite

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 :

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

**Tableau 43 : Echelle de gravité des conséquences sur l'environnement**

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.

Pour chacun des phénomènes dangereux étudiés, l'acceptabilité des accidents potentiels est déterminée en croisant la gravité des conséquences avec la classe de probabilité selon la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 :

| **GRAVITÉ des Conséquences** | **Classe de Probabilité** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **E** | **D** | **C** | **B** | **A** |
| **Désastreux** | | | | | |
| **Catastrophique** | | | | | |
| **Important** | | | | | |
| **Sérieux** | | | | | |
| **Modéré** | | | | | |

Légende de la matrice :

| Niveau de risque | Couleur | Acceptabilité |
|---|---|---|
| Risque très faible | | acceptable |
| Risque faible | | acceptable |
| Risque important | | non acceptable |

## 10.2 - CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

### 10.2.1 - EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE

#### 10.2.1.1 - Zone d'effet

La **zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne** correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m dans le cas du parc du Sud Artois.

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

#### 10.2.1.2 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne retenue dans le cas du parc du Sud Artois, avec :

- ⇨ R est la longueur de pale (R = 58,5 m),
- ⇨ H la hauteur moyeu (H = 91,5 m),
- ⇨ L la largeur maximale du mât (L= 3,9 m),
- ⇨ LB la largeur maximale de la pale (LB = 4,0 m)

| **Effondrement de l'éolienne (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)** | | | |
|---|---|---|---|
| *Zone d'impact en m²* | *Zone d'effet du phénomène étudié en m²* | *Degré d'exposition du phénomène étudié en %* | *Intensité* |
| ZI = (H) x L + 3*R*LB/2<br>= 91,5 x 3,9 + 3 x 58,5 x 4,0/2<br>La zone d'impact est de 708 m² | ZE = π x (H+R)²<br>= π x (91,5+58,5)²<br>La zone d'effet est de 70 686 m² | ($Z_I$ / $Z_E$) x 100<br>= (708 / 70 686) x 100<br>= 1,00 %<br>(1% < X < 5%) | Exposition forte |

**Tableau 44 : Intensité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »**

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

**La zone d'impact est de 708 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 70 686 m².**

#### 10.2.1.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 10.1.3 -, page 70), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Effondrement de l'éolienne » :

| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet | Calcul du nombre d'équivalent personnes permanente* |
|---|---|---|---|
| E1 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 7,1 ha | 7,1 x 1/10 = 0,71 |
| E2 | Zone agricole + Route communale | 7,1 ha | 7,1 x 1/10 = 0,71 |
| E3 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 7,1 ha | 7,1 x 1/10 = 0,71 |
| E4 | Zone agricole + Route communale | 7,1 ha | 7,1 x 1/10 = 0,71 |
| E7 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 7,1 ha | 7,1 x 1/10 = 0,71 |
| E9 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 7,1 ha | 7,1 x 1/10 = 0,71 |
| E10 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 7,1 ha | 7,1 x 1/10 = 0,71 |
| E11 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 7,1 ha | 7,1 x 1/10 = 0,71 |

**Tableau 45 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Effondrement de l'éolienne »**

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

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ➢ zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha,
- ➢ chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- ➢ route communale (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

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

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)** | *Gravité* |
| E1 | 0,71 | Sérieux |
| E2 | 0,71 | Sérieux |
| E3 | 0,71 | Sérieux |
| E4 | 0,71 | Sérieux |
| E7 | 0,71 | Sérieux |
| E9 | 0,71 | Sérieux |
| E10 | 0,71 | Sérieux |
| E11 | 0,71 | Sérieux |

**Tableau 46 : Gravité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »**

**10.2.1.4 - Probabilité**

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

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

**Tableau 47 : Probabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 10.2.1.5 - Acceptabilité

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

| Effondrement de l'éolienne (dans un rayon ≤ à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Gravité* | *Niveau de risque* |
| E1 | Sérieux | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Acceptable |
| E7 | Sérieux | Acceptable |
| E9 | Sérieux | Acceptable |
| E10 | Sérieux | Acceptable |
| E11 | Sérieux | Acceptable |

**Tableau 48 : Acceptabilité du phénomène « Effondrement de l'éolienne »**

**Ainsi, pour le parc éolien du Sud Artois, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

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

### 10.2.2 - CHUTE DE GLACE

#### 10.2.2.1 - Considérations générales

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

Selon l'étude WECO (cf. référence [15] en Annexe 6), 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.

#### 10.2.2.2 - Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien du Sud Artois, la **zone d'effet est donc un disque de rayon de 58,5 m** autour des éoliennes.
Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

#### 10.2.2.3 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien du Sud Artois, avec :

- ZI est la zone d'impact,
- ZE est la zone d'effet,
- R est la longueur de pale (R= 58,5 m),
- SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

| **Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)** | | | |
|---|---|---|---|
| *Zone d'impact en m²* | *Zone d'effet du phénomène étudié en m²* | *Degré d'exposition du phénomène étudié en %* | *Intensité* |
| $Z_I = SG$<br>$Z_I = 1$ m² | $Z_E = \pi \times R^2$<br>$Z_E = \pi \times 58{,}5^2$<br>$Z_E = 10\,751$ m² | $d = Z_I/Z_E$<br>d = 0,01 % (< 1 %) | Exposition modérée |

**Tableau 49 : Intensité du phénomène « Chute de glace »**

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

**La zone d'impact est de 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 10 751 m².**

#### 10.2.2.4 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 10.1.3 -), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Chute de glace » :

| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet | Calcul du nombre d'équivalent personnes permanente* |
|---|---|---|---|
| E1 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E2 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E3 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E4 | Zone agricole + Route communale | 1,1 ha | 1,1 x 1/10 = 0,11 |
| E7 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 1,1 ha | 1,1 x 1/10 = 0,11 |
| E9 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E10 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E11 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 1,1 ha | 1,1 x 1/10 = 0,11 |

**Tableau 50 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute de glace »**

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

- zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 hectares,
- chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- route communale (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

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

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)* | *Gravité* |
| E1 | 0,011 | Modéré |
| E2 | 0,011 | Modéré |
| E3 | 0,011 | Modéré |
| E4 | 0,11 | Modéré |
| E7 | 0,11 | Modéré |
| E9 | 0,011 | Modéré |
| E10 | 0,011 | Modéré |
| E11 | 0,11 | Modéré |

**Tableau 51 : Gravité du phénomène « Chute de glace »**

#### 10.2.2.5 - Probabilité

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

#### 10.2.2.6 - Acceptabilité

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

| Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Gravité* | *Niveau de risque* |
| E1 | Modéré | Acceptable |
| E2 | Modéré | Acceptable |
| E3 | Modéré | Acceptable |
| E4 | Modéré | Acceptable |
| E7 | Modéré | Acceptable |
| E9 | Modéré | Acceptable |
| E10 | Modéré | Acceptable |
| E11 | Modéré | Acceptable |

**Tableau 52 : Acceptabilité du phénomène « Chute de glace »**

**Ainsi, pour le parc éolien du Sud Artois, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

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

### 10.2.3 - Chute d'elements de l'eolienne

#### 10.2.3.1 - Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude 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 soit 58,5 m**.

#### 10.2.3.2 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Sud Artois, avec :

- ⇨ d : le degré d'exposition,
- ⇨ $Z_I$ : la zone d'impact,
- ⇨ $Z_E$ : la zone d'effet,
- ⇨ R : la longueur de pale (R= 58,5 m),
- ⇨ LB : la largeur de la base de la pale (LB= 4,0 m).

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | | |
|---|---|---|---|
| *Zone d'impact en m²* | *Zone d'effet du phénomène étudié en m²* | *Degré d'exposition du phénomène étudié en %* | *Intensité* |
| $Z_I$= R*LB/2<br>$Z_I$ = 58,5 x 4,0/2<br>$Z_I$ = 117,0 m² | $Z_E = \pi \times R^2$<br>$Z_E$ = 10 751 m² | d= $Z_I/Z_E$<br>d = 1,09<br>(1% < X < 5%) | Exposition forte |

**Tableau 53 : Intensité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »**

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

**La zone d'impact est de 117,0 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 10 751 m².**

### 10.2.3.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 10.1.3 -, page 70), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne (le phénomène de chute d'élément engendrant une zone d'exposition modérée) :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne » :

| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet | Calcul du nombre d'équivalent personnes permanente* |
|---|---|---|---|
| E1 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E2 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E3 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E4 | Zone agricole + Route communale | 1,1 ha | 1,1 x 1/10 = 0,11 |
| E7 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 1,1 ha | 1,1 x 1/10 = 0,11 |
| E9 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E10 | Zone agricole | 1,1 ha | 1,1 x 1/100 = 0,011 |
| E11 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 1,1 ha | 1,1 x 1/10 = 0,11 |

**Tableau 54 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Chute d'éléments de l'éolienne »**

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha,
- chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- route communale (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

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

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)* | *Gravité* |
| E1 | 0,011 | Sérieux |
| E2 | 0,011 | Sérieux |
| E3 | 0,011 | Sérieux |
| E4 | 0,11 | Sérieux |
| E7 | 0,11 | Sérieux |
| E9 | 0,011 | Sérieux |
| E10 | 0,011 | Sérieux |
| E11 | 0,11 | Sérieux |

**Tableau 55 : Gravité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »**

### 10.2.3.4 - 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 montre que ces évènements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x $10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

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

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

### 10.2.3.5 - Acceptabilité

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

| Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Gravité* | *Niveau de risque* |
| E1 | Sérieux | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Acceptable |
| E7 | Sérieux | Acceptable |
| E9 | Sérieux | Acceptable |
| E10 | Sérieux | Acceptable |
| E11 | Sérieux | Acceptable |

**Tableau 56 : Acceptabilité du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »**

**Ainsi, pour le parc éolien du Sud Artois, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

### 10.2.4 - Projection de pales ou de fragments de pales

#### 10.2.4.1 - Zone d'effet

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne (cf. référence [3] en Annexe 6.

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

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

#### 10.2.4.2 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne avec :

- ⇨ d : est le degré d'exposition,
- ⇨ $Z_I$ : la zone d'impact,
- ⇨ ZE : la zone d'effet,
- ⇨ R : la longueur de pale (R = 58,5 m),
- ⇨ LB : la largeur de la base de la pale (LB = 4,0 m).

| **Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)** | | | |
|---|---|---|---|
| *Zone d'impact en m²* | *Zone d'effet du phénomène étudié en m²* | *Degré d'exposition du phénomène étudié en %* | *Intensité* |
| $Z_I$ = R x LB/2<br>$Z_I$ = 58,5 x 4,0/2<br>$Z_I$ = 117,0 m² | $Z_E$ = π x 500²<br>785 398 m² | ($Z_I$ / $Z_E$) x 100<br>= $1{,}5.10^{-2}$ (< 1 %) | Exposition modérée |

**Tableau 57 : Intensité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »**

**La zone d'impact est donc de 117,0 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 785 398 m².**

#### 10.2.4.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 10.1.3 -, page 70, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Projections de pales ou de fragments de pale» :

| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet | Calcul du nombre d'équivalent personnes permanente* |
|---|---|---|---|
| E1 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 78 ha | 78 x 1/10 = 7,8 |
| E2 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 78 ha | 78 x 1/10 = 7,8 |
| E3 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 78 ha | 78 x 1/10 = 7,8 |
| E4 | Zone agricole + RD 20 + Route communale + Chemin d'exploitation | 78 ha | 78 x 1/10 = 7,8 |
| E7 | Zone agricole + Chemin d'exploitation + Eolienne accordée du parc des Pâquerette | 78 ha | 78 x 1/10 = 7,8 |
| E9 | Zone agricole + Boisement + Chemin d'exploitation | 78 ha | 78 x 1/10 = 7,8 |
| E10 | Zone agricole + RD 7 + Route communale + Chemin d'exploitation | 78 ha | 78 x 1/10 = 7,8 |
| E11 | Zone agricole + Boisement + Route communale + Chemin d'exploitation | 78 ha | 78 x 1/10 = 7,8 |

**Tableau 58 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projections de pales ou de fragments de pale»**

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ➢ zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha,
- ➢ boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha,
- ➢ chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- ➢ route communale (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- ➢ RD 20 (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- ➢ RD 7 (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

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

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)* | *Gravité* |
| E1 | 7,8 | Sérieux |
| E2 | 7,8 | Sérieux |
| E3 | 7,8 | Sérieux |
| E4 | 7,8 | Sérieux |
| E7 | 7,8 | Sérieux |
| E9 | 7,8 | Sérieux |
| E10 | 7,8 | Sérieux |
| E11 | 7,8 | Sérieux |

**Tableau 59 : Gravité du phénomène « Projections de pales ou de fragments de pales »**

### 10.2.4.4 - Probabilité

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

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

**Tableau 60 : Probabilité du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »**

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

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

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

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

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

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

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

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

### 10.2.4.5 - Acceptabilité

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

| Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Gravité* | *Niveau de risque* |
| E1 | Sérieux | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Acceptable |
| E7 | Sérieux | Acceptable |
| E9 | Sérieux | Acceptable |
| E10 | Sérieux | Acceptable |
| E11 | Sérieux | Acceptable |

**Tableau 61 : Acceptabilité du phénomène « Projection de pale ou de fragment de pale »**

**Ainsi, pour le parc éolien du Sud Artois, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

### 10.2.5 - Projection de glace

#### 10.2.5.1 - Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] en Annexe 6 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)
Soit : 312,75 m pour l'éolienne retenue

Cette distance de projection est jugée conservative dans des études postérieures (cf. référence [17] en Annexe 6). A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

#### 10.2.5.2 - Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du Sus Artois :

- ⇨ d : le degré d'exposition,
- ⇨ $Z_I$ : la zone d'impact,
- ⇨ $Z_E$ : la zone d'effet,
- ⇨ R : la longueur de pale (R = 58,5 m),
- ⇨ H : la hauteur au moyeu (H = 91,5 m),
- ⇨ SG : la surface majorante d'un morceau de glace.

| **Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG}$ = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)** | | | |
|---|---|---|---|
| *Zone d'impact en m²* | *Zone d'effet du phénomène étudié en m²* | *Degré d'exposition du phénomène étudié en %* | *Intensité* |
| $Z_I$ = SG<br>$Z_I$ = 1 | $Z_E = \pi \times (1,5*(H+2R))^2$<br>$Z_E$ = 307 287 m² | $3,3.10^{-4}$<br>(< 1 %) | Exposition modérée |

**Tableau 62 : Intensité du phénomène « Projection de morceaux de glace »**

**La zone d'impact est donc de 1 m² et la zone d'effet du phénomène étudié est de 307 287 m².**

#### 10.2.5.3 - Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 10.1.3 -, page 70, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

Il a été observé dans la littérature disponible (cf. référence [17] en Annexe 6) qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

Le tableau suivant indique le type d'occupation des sols et le nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet du phénomène « Projections de pales ou de fragments de pale» :

| Eolienne | Occupation du sol | Surface de la zone d'effet | Calcul du nombre d'équivalent personnes permanente* |
|---|---|---|---|
| E1 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 31 ha | 31 x 1/10 = 3,1 |
| E2 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 31 ha | 31 x 1/10 = 3,1 |
| E3 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 31 ha | 31 x 1/10 = 3,1 |
| E4 | Zone agricole + RD 20 + Route communale | 31 ha | 31 x 1/10 = 3,1 |
| E7 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 31 ha | 31 x 1/10 = 3,1 |
| E9 | Zone agricole + Chemin d'exploitation | 31 ha | 31 x 1/10 = 3,1 |
| E10 | Zone agricole + RD 7 + Chemin d'exploitation | 31 ha | 31 x 1/10 = 3,1 |
| E11 | Zone agricole + Route communale + Chemin d'exploitation | 31 ha | 31 x 1/10 = 3,1 |

**Tableau 63 : Calcul du nombre d'équivalent personnes permanentes dans la zone d'effet « Projections de pales ou de fragments de pale»**

Rappel de la méthode de comptage des enjeux humains :

- ➢ zone agricole (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha,
- ➢ boisement (terrains non aménagés et très peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 100 ha,
- ➢ chemin d'exploitation (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- ➢ route communale (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- ➢ RD 20 (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares,
- ➢ RD 7 (terrains aménagés mais peu fréquentés) : 1 personne par tranche de 10 hectares.

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

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG}$ = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne) | | |
|---|---|---|
| *Eolienne* | *Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)* | *Gravité* |
| E1 | 3,1 | Sérieux |
| E2 | 3,1 | Sérieux |
| E3 | 3,1 | Sérieux |
| E4 | 3,1 | Sérieux |
| E7 | 3,1 | Sérieux |
| E9 | 3,1 | Sérieux |
| E10 | 3,1 | Sérieux |
| E11 | 3,1 | Sérieux |

**Tableau 64 : Gravité du phénomène « Projections de morceaux de glace »**

### 10.2.5.4 - Probabilité

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

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

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

### 10.2.5.5 - Acceptabilité

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

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

| Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG}$ = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne) | | | |
|---|---|---|---|
| *Eolienne* | *Gravité* | *Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage* | *Niveau de risque* |
| E1 | Sérieux | Oui | Acceptable |
| E2 | Sérieux | Oui | Acceptable |
| E3 | Sérieux | Oui | Acceptable |
| E4 | Sérieux | Oui | Acceptable |
| E7 | Sérieux | Oui | Acceptable |
| E9 | Sérieux | Oui | Acceptable |
| E10 | Sérieux | Oui | Acceptable |
| E11 | Sérieux | Oui | Acceptable |

**Tableau 65 : Acceptabilité du phénomène « Projection de morceaux de glace »**

**Ainsi, pour le parc éolien du Sud Artois, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

**L'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt. Des panneaux type "Attention, chute de glace" seront mis en place au pied de chaque éolienne pour prévenir du danger.**

## 10.3 - SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

### 10.3.1 - TABLEAUX DE SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regroupent les éoliennes qui ont le même profil de risque.

| Scénario | Zone d'effet | Cinétique | Intensité | Probabilité | Gravité | Acceptabilité |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Effondrement de l'éolienne | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale | Rapide | Exposition forte | D (pour des éoliennes récentes) | Sérieux pour toutes les éoliennes | Acceptable |
| Chute de glace | Zone de survol | Rapide | Exposition modérée | A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C | Modéré pour toutes les éoliennes | Acceptable |
| Chute d'élément de l'éolienne | Zone de survol | Rapide | Exposition forte | C | Sérieux pour toutes les éoliennes | Acceptable |
| Projection de pales ou fragments de pales | 500 m autour de l'éolienne | Rapide | Exposition modérée | D (pour des éoliennes récentes) | Sérieux pour toutes les éoliennes | Acceptable |
| Projection de glace | 1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne | Rapide | Exposition modérée | B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C | Sérieux pour toutes les éoliennes | Acceptable |

**Tableau 66 : Synthèse des scénarios étudiés**

### 10.3.2 - SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES

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

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus sera utilisée.

| GRAVITÉ des Conséquences | Classe de Probabilité | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D | C | B | A |
| **Désastreux** | | | | | |
| **Catastrophique** | | | | | |
| **Important** | | | | | |
| **Sérieux** | | Eff<br>PrP | ChE | PrG | |
| **Modéré** | | | | | ChG |

Légende de la matrice :

| Niveau de risque | Couleur | Acceptabilité |
|---|---|---|
| Risque très faible | | acceptable |
| Risque faible | | acceptable |
| Risque important | | non acceptable |

Eff : Effondrement de l'éolienne
ChG : Chute de glace
ChE : Chute d'élément de l'éolienne
PrP : Projection de pales ou fragments de pales
PrG : Projection de glace

**Au regard de la matrice ainsi complétée, aucun accident n'apparaît dans les cases rouges. Tous les accidents figurent en case verte ou jaune, c'est-à-dire qu'ils présentent un niveau acceptable.**

Les scénarii « Chute de glace », « Projection de glace » et « Chute d'élément de l'éolienne » pour toutes les éoliennes apparaissent en jaune dans la matrice de criticité. Le niveau de risque est faible. Ce scénario d'accident doit faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

**Ainsi, l'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt.**

**Des panneaux type « Attention, chute de glace » seront mis en place au pied de chaque éolienne pour prévenir du danger.**

La carte de synthèse ci-après présente les zones d'effets les plus importants pour les cinq phénomènes étudiés (Effondrement de l'éolienne, Chute de glace, Chute d'élément de l'éolienne, Projection de pales ou fragments de pales, Projection de glace).

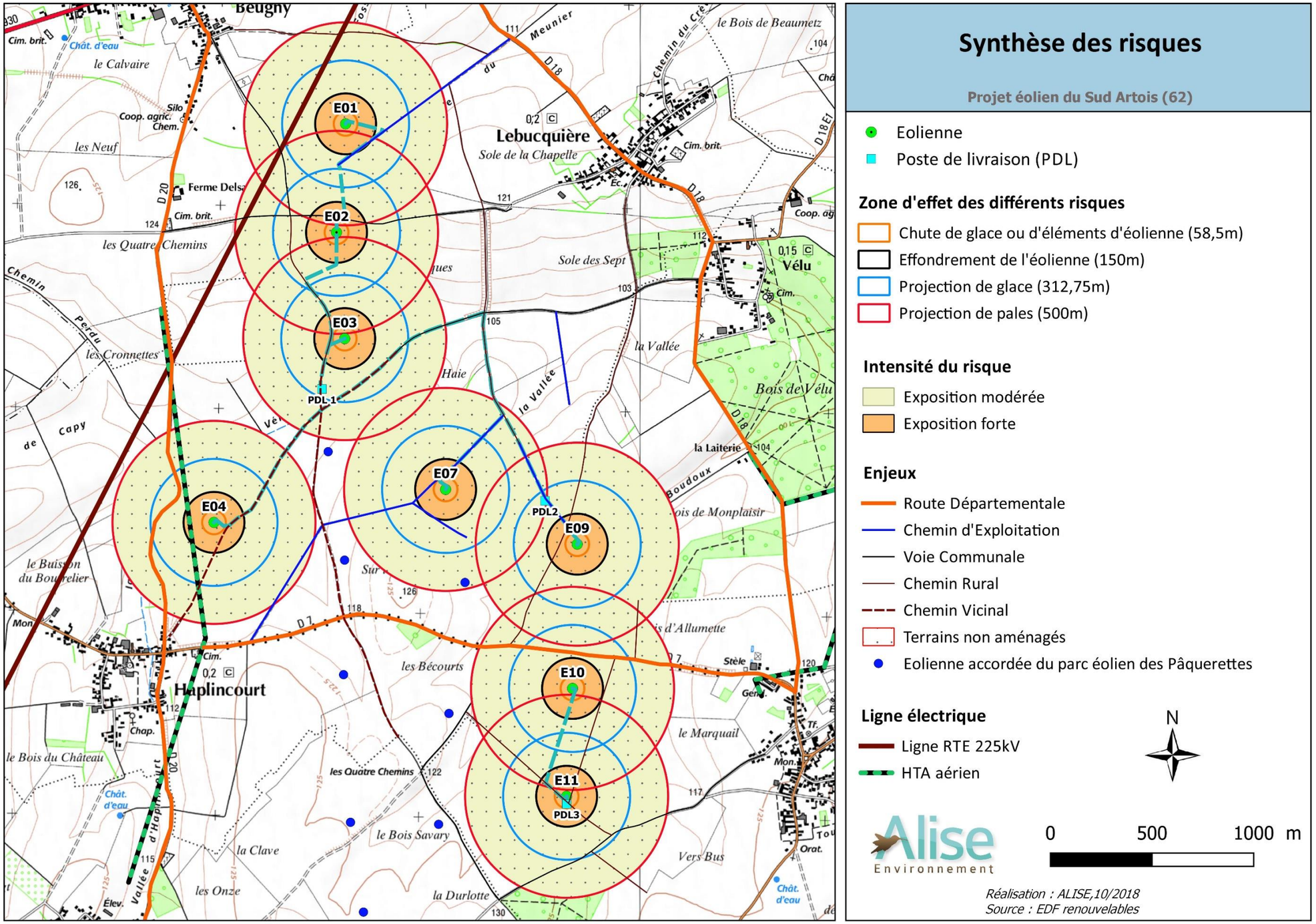



**Figure 33 : Carte de synthèse des risques**

# 11 - MOYENS D'INTERVENTIONS ET DE LIMITATION DES CONSEQUENCES DES DANGERS

## 11.1 - MOYENS INTERNES

### 11.1.1 - ORGANISATION EN CAS DE DYSFONCTIONNEMENT

La surveillance du bon fonctionnement de l'installation est assurée par l'intermédiaire du système de contrôle avec transmission à distance des informations. Les informations issues des capteurs peuvent conduire à une alarme sur les écrans de surveillance mais également, dans certains cas, à la mise à l'arrêt de la turbine. Les unités de surveillance sont opérationnelles 24h/24.

Les personnels de maintenance sont informés par téléphone des anomalies de la machine et peuvent ainsi intervenir afin d'assurer les réparations et remettre celle-ci en service.

Dès que le dysfonctionnement détecté est susceptible d'avoir des conséquences sur la sécurité (mise en arrêt, déclenchement de la détection incendie,…), l'information est immédiate afin que l'intervention se fasse le plus rapidement possible (les équipes sont réparties sur le territoire de telle sorte que le délai d'intervention ne dépasse pas deux heures).

Les détecteurs incendie sont placés au voisinage des principaux composants électriques (transformateur, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection :

- ⇨ d'arrêter l'éolienne,
- ⇨ d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne,
- ⇨ d'émettre une alarme informant immédiatement de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui permettre d'informer les services de secours.

En cas de déclenchement de la détection d'incendie, le responsable régional est informé (hors heures ouvrables, il est informé sur son téléphone mobile) afin de se rendre sur place et de coordonner l'action des équipes d'intervention.

La détection des accidents peut également être faite par des personnels externes (détection visuelle d'un incendie ou de la chute d'une partie de pale par des personnes du public par exemple), le constructeur de l'éolienne en est informé par l'intermédiaire le plus souvent du propriétaire du parc. En complément d'une équipe de techniciens en charge d'assurer les interventions, la société dépêche sur site une équipe technique chargée d'analyser les causes de l'accident et éventuellement en première urgence d'assister les secours externes.

Les enseignements retirés des anomalies ou des accidents constatés sont pris en compte pour éviter le renouvellement de ces dysfonctionnements.

### 11.1.2 - MOYENS MATERIELS

L'accident principal nécessitant une action rapide et immédiate est avant tout l'incendie en nacelle ou en pied de mât.

Vis-à-vis de ce risque, l'installation est équipée de détecteurs d'incendie, de type détecteurs de fumée (un dans la tour et un dans la nacelle) qui, lors de leur déclenchement, conduisent à la mise en arrêt de la machine. Des détecteurs de température disposés dans la nacelle conduisent à des actions similaires.

L'éolienne est équipée d'extincteurs (2 dans la nacelle et 1 en pied de tour) qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de vent).

Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabriquant du matériel ou un organisme extérieur agréé.

### 11.1.3 - MOYENS HUMAINS

Les moyens humains en cas d'accident sont constitués des personnels d'intervention (agents de maintenance) renforcés le cas échéant de personnels techniques chargés d'assister les secours externes lors de l'intervention et d'analyser les causes de la défaillance.

## 11.2 - MOYENS EXTERNES

En cas d'incendie sur le parc éolien, le personnel d'astreinte de l'unité de surveillance est en mesure de transmettre l'alerte au service de secours le plus proche 24h sur 24, 7 jours sur 7.

Le temps de réponse pour l'enclenchement de l'alarme suite à la détection d'un incendie est < 1 minute. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. En cas d'incendie, en 1$^{er}$ appel, le Centre d'Incendie et de Secours intervenant est celui de Bapaume qui se trouve à environ 8 km du site du projet par les routes départementales D7 ou D930.

Ce centre de secours dispose des moyens d'assurer les missions d'incendie et de secours d'urgence aux personnes. Il peut être renforcé en 2$^{ème}$ appel par d'autres Centres d'Incendie et de Secours (Marquion, Bucquoy, Arras…).

En cas d'alerte, la *procédure d'intervention sur Installation Classée pour la Protection de l'Environnement* serait lancée.

Les coordonnées des services de secours les plus proches sont indiquées dans le tableau suivant :

| SERVICE | ADRESSE | TELEPHONE |
|---|---|---|
| Gendarmerie Nationale | Rue du Capitaine Sylvestre de Sacy<br>62124 BERTINCOURT | 17<br>03 21 73 33 17 |
| Pompiers | 40 route de Douai<br>62450 BAPAUME | 18<br>03 21 51 95 90 |
| Ambulances | Bertincourt Ambulance<br>17 rue Velu<br>62124 BERTINCOURT | 03 21 73 32 78 |
| Centre hospitalier | Centre hospitalier de Bapaume<br>55 rue de la République<br>62453 BAPAUME | 03 21 16 06 00 |
| Médecin | Etienne WELSCHBILLIG<br>4 Rue de Beaumetz<br>62147 HERMIES | 03 21 07 41 25 |

**Tableau 67 : Coordonnées des services de sécurités et de secours publics ou privés**

## 12 - CONCLUSION

La présente étude de dangers a été réalisée dans le cadre du projet de parc éolien du Sud Artois situé sur les communes de Bertincourt, Haplincourt, Lebucquière et Vélu dans le département du Pas-de-Calais.

Elle a permis de mettre en évidence les dangers que peut présenter l'installation en cas d'accident d'origine externe (risques liés à l'environnement du site du projet) ou interne (disfonctionnement des machines, problème technique,…).

**Même s'ils ne peuvent être totalement écartés, les risques d'origine externe sont minimes car le site du projet ne présente pas de dangers particuliers. Il est en dehors des zones concernées par des risques naturels ou anthropiques majeurs.**

Après avoir analysé les risques d'accidents susceptibles de survenir et leurs causes, l'étude de dangers a permis d'évaluer :

- l'intensité de ces accidents exprimée en fonction d'une distance par rapport à l'éolienne et les conséquences possibles dans l'environnement du site ;
- les niveaux de probabilité selon une échelle graduée de E (extrêmement rare) à A (courant).

Chaque phénomène dangereux présenté par le projet de parc éolien a été analysé en croisant son niveau de gravité avec sa probabilité. Il en résulte une représentation graphique qui présente trois parties (cf. figure ci-contre) :

- **Zone en rouge** : zone de risque important ⇔ accidents « **inacceptables** » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site.
- **Zone en jaune** : zone de risque faible. Les accidents situés dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue 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 ⇔ zone ALARP (As Low As Reasonably Practicable).
- **Zone en vert** : zone de risque très faible ⇔ accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires.

Le tableau suivant présente la matrice de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus :

| GRAVITÉ des Conséquences | Classe de Probabilité | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | | | | |
| Catastrophique | | | | | |
| Important | | | | | |
| Sérieux | | Eff<br>PrP | ChE | PrG | |
| Modéré | | | | | ChG |

**Tableau 68 : Hiérarchisation des phénomènes dangereux**

Légende de la matrice :

| Niveau de risque | Couleur | Acceptabilité |
|---|---|---|
| Risque très faible | | acceptable |
| Risque faible | | acceptable |
| Risque important | | non acceptable |

Eff : Effondrement de l'éolienne
ChG : Chute de glace
ChE : Chute d'élément de l'éolienne
PrP : Projection de pales ou fragments de pales
PrG : Projection de glace

Le tableau suivant présente le niveau d'acceptabilité des risques potentiels du projet du Sud Artois :

| Scénario | Acceptabilité |
|---|---|
| Effondrement de l'éolienne | Acceptable pour toutes les éoliennes |
| Chute de glace | Acceptable pour toutes les éoliennes |
| Chute d'élément de l'éolienne | Acceptable pour toutes les éoliennes |
| Projection de pales ou fragments de pales | Acceptable pour toutes les éoliennes |
| Projection de glace | Acceptable pour toutes les éoliennes |

**Tableau 69 : Niveau d'acceptabilité des risques**

**Au regard de la matrice présentée ci-dessus, aucun accident n'apparaît dans les cases rouges. Autrement-dit, tous les accidents figurent en case verte ou jaune et présente donc un niveau acceptable.**

Les scénarii « Chute de glace », « Projection de glace » et « Chute d'élément de l'éolienne » pour toutes les éoliennes apparaissent en jaune dans la matrice de criticité. Le niveau de risque est faible. Ce scénario d'accident doit faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible.

L'industrie éolienne a connu ces dernières années un fort développement qui a permis d'améliorer les technologies mises en œuvre pour tirer le meilleur parti de la puissance du vent. En parallèle, les constructeurs ont également travaillé sur les dispositifs permettant de limiter les dysfonctionnements des machines et donc les périodes d'arrêt. Ces évolutions ont également concerné le renforcement de la sécurité des machines.

Les éoliennes qui seront installées sur le site du projet bénéficieront des dernières technologies permettant de prévenir les dysfonctionnements et de limiter les risques d'incident ou d'accident.

De plus, les fabricants d'éoliennes ont mis en place une procédure de suivi des incidents et accidents survenant sur leurs machines avec analyse des causes, ce qui permet une amélioration constante de la sécurité des parcs éoliens. L'analyse du retour d'expérience par les fabricants est à l'origine de la généralisation de procédure de sécurité et de nombreuses innovations permettant de réduire la probabilité d'accident ou de prévenir les dangers.

L'éolienne retenue sera équipée d'un dispositif permettant de détecter la présence de givre sur les pales et d'arrêter la machine ou d'éviter sa mise en fonctionnement après une période d'arrêt. Des panneaux type "Attention, chute de glace" seront mis en place au pied de chaque éolienne pour prévenir du danger.

# 13 - ANNEXES A L'ETUDE DE DANGER

Annexes à l'étude de dangers :

- ⇨ Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne
- ⇨ Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française
- ⇨ Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques
- ⇨ Annexe 4 : Probabilité d'atteinte et risque individuel
- ⇨ Annexe 5 : Glossaire
- ⇨ Annexe 6 : Bibliographie et références utilisées

## 13.1 - ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

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

### 13.1.1 - TERRAINS NON BATIS

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

### 13.1.2 - VOIES DE CIRCULATION

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

#### 13.1.2.1 - 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 |

#### 13.1.2.2 - 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.

#### 13.1.2.3 - Voies navigables

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

#### 13.1.2.4 - 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.

### 13.1.3 - LOGEMENTS

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

### 13.1.4 - ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

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

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

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

### 13.1.5 - Zones d'activite

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.

## 13.2 - ANNEXE 2 - TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANCAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et octobre 2018. L'analyse de ces données est présentée dans l'étude de dangers.

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Effondrement | Novembre 2000 | Port la Nouvelle | Aude | VESTAS V39 | 0,5 | 1993 | N | Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête) | Tempête avec foudre répétée | Rapport du CGM<br>Site Vent de Colère | |
| Rupture de pale | 2001 | Sallèles-Limousis | Aude | WINDMASTER WM43/750 | 0,75 | 1998 | N | Bris de pales en bois (avec inserts) | ? | Site Vent de Colère | |
| Effondrement | 01/02/2002 | Wormhout | Nord | TURBOWINDS T400-34 | 0,4 | 1997 | N | Bris d'hélice et mât plié | Tempête | Rapport du CGM<br>Site Vent du Bocage | |
| Maintenance | 01/07/2002 | Port la Nouvelle - Sigean | Aude | GAMESA G47 | 0,66 | 2000 | O | Grave électrisation avec brûlures d'un technicien | Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20 kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique. | Rapport du CGM | Non utilisable |
| Effondrement | 28/12/2002 | Névian - Grande Garrigue | Aude | GAMESA G52/850 | 0,85 | 2002 | O | Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage | Tempête + dysfonctionnement du système de freinage | Rapport du CGM<br>Site Vent de Colère<br>Article de presse (Midi Libre) | |
| Rupture de pale | 25/02/2002 | Sallèles-Limousis | Aude | WINDMASTER WM43/750 | 0,75 | 1998 | N | Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale | Tempête | Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003) | |
| Rupture de pale | 05/11/2003 | Sallèles-Limousis | Aude | WINDMASTER WM43/750 | 0,75 | 1998 | N | Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur **100m**. | Dysfonctionnement du système de freinage | Rapport du CGM<br>Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003) | |
| Effondrement | 01/01/2004 | Le Portel – Boulogne sur Mer | Pas de Calais | LAGERWEY LW750-52 | 0,75 | 2002 | N | Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km | Tempête | Base de données ARIA<br>Rapport du CGM<br>Site Vent de Colère<br>Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004) | |
| Effondrement | 20/03/2004 | Loon Plage – Port de Dunkerque | Nord | WINDMASTER 300 kW | 0,3 | 1996 | N | Couchage du mât d'une des 5 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation | Rupture de 3 des 4 micro-pieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10) | Base de données ARIA<br>Rapport du CGM<br>Site Vent de Colère<br>Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004) | |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rupture de pale | 22/06/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | WINDMASTER WM28/300 | 0,3 | 2001 | N | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à **50m**, mat intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM<br>Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle) |
| Rupture de pale | 08/07/2004 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | WINDMASTER WM28/300 | 0,3 | 2001 | N | Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à **50m**, mat intact | Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage) | Rapport du CGM<br>Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004) | Nota : cet incident s'est produit 2 fois à 15 jours d'intervalle) |
| Rupture de pale | 2004 | Escales-Conilhac | Aude | JEUMONT J48/750 | 0,75 | 2003 | N | Bris de trois pales | | Site Vent de Colère | |
| Rupture de pale | 22/12/2004 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | JEUMONT J48/750 | 0,75 | 2004 | N | Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min) | Survitesse due à une maintenance en cours, pb de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage | Base de données ARIA<br>Article de presse (La Tribune du 30/12/2004)<br>Site Vent de Colère | ATTENTION : projection de pale + incendie ! |
| Rupture de pale | 2005 | Wormhout | Nord | TURBOWINDS T400-34 | 0,4 | 1997 | N | Bris de pale | | Site Vent de Colère | |
| Rupture de pale | 08/10/2006 | Pleyber-Christ - Site du Télégraphe | Finistère | WINDMASTER WM28/300 | 0,3 | 2004 | N | Chute d'une pale de 20m pesant 3 tonnes | Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc | Site FED<br>Articles de presse (Ouest France)<br>Journal FR3 | |
| Incendie | 18/11/2006 | Roquetaillade | Aude | GAMESA G47 | 0,66 | 2001 | O | Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle. | Malveillance / incendie criminel | Communiqués de presse exploitant<br>Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre) | |
| Effondrement | 03/12/2006 | Bondues | Nord | LAGERWEY LW80-18 | 0,08 | 1993 | N | Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle | Tempête (vents mesurés à 137 Km/h) | Article de presse (La Voix du Nord) | |
| Rupture de pale | 31/12/2006 | Ally | Haute-Loire | GE 1.5sl | 1,5 | 2005 | O | 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 utilisable (incident pendant un chantier) |
| Rupture de pale | 03/2007 | Clitourps | Marne | VESTAS V47/660 | 0,66 | 2005 | N | Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de **200m** de distance dans un champ | Cause pas éclaircie | Site FED | Défaut de fabrication. Attention, les bouts de pales ne sont pas partis à plus de 80 m de la turbine |
| Chute d'élément | 11/10/2007 | Plouvien | Finistère | SIEMENS SWT 1.3 | 1,3 | 2007 | N | Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre) | Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite.<br>Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation. | Article de presse (Le Télégramme) | |
| Emballement | 03/2008 | Dinéault | Finistère | WINDMASTER WM28/300 | 0,3 | 2002 | N | Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale | Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant) | Base de données ARIA | Non utilisable d'un point de vue statistique (événement unique, sans répercussion sur les tiers) |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Collision avion | 04/2008 | Plouguin | Finistère | ENERCON E66/2000 | 2 | 2004 | O | Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessan-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection. | Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse) | Articles de presse (Le Télégramme, Le Post) | Non utilisable |
| Rupture de pale | 19/07/2008 | Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée | Meuse | GAMESA G90 | 2 | 2007 | O | Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre | Foudre + défaut de pale | Communiqué de presse Française d'Eoliennes - Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008) | |
| Incendie | 28/08/2008 | Vauvillers | Somme | GAMESA | 2 | 2006 | O | Incendie de la nacelle | Problème au niveau d'éléments électroniques | Dépêche AFP 28/08/2008 | |
| Rupture de pale | 26/12/2008 | Raival - Voie Sacrée | Meuse | GAMESA G90 | 2 | 2007 | O | Chute de pale | | Communiqué de presse Française d'Eoliennes Article de presse (l'Est Républicain) | |
| Maintenance | 26/01/2009 | Clastres | Aisne | NEG-MICON NM92 | 2,75 | 2004 | O | Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance | Accident électrique (explosion d'un convertisseur) | Base de données ARIA | Non utilisable |
| Rupture de pale | 08/06/2009 | Bolléne | Vaucluse | NORDEX N90 | 2,3 | 2009 | O | Bout de pale d'une éolienne ouvert | Coup de foudre sur la pale | Interne exploitant | Non utilisable pour les projections ou les chutes (la pale est restée accrochée) |
| Incendie | 21/10/2009 | Froidfond - Espinassière | Vendée | GAMESA G80/2000 | 2 | 2006 | O | Incendie de la nacelle | Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ? | Article de presse (Ouest-France) Site FED | |
| Incendie | 30/10/2009 | Freyssenet | Ardèche | VESTAS V80/2000 | 2 | 2005 | O | Incendie de la nacelle | Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance | Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné) | Problème sur armoire électrique |
| Maintenance | 20/04/2010 | Toufflers | Nord | Bonus B23 / SIEMENS | 0,3 | 1993 | N | Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance | Crise cardiaque | Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010) | Non utilisable |
| Effondrement | 30/05/2010 | Port la Nouvelle | Aude | Vestas V25 | 0,2 | 1991 | N | Effondrement d'une éolienne | Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entrainant la chute de l'ensemble. | Interne exploitant | |
| Incendie | 19/09/2010 | Montjoyer-Rochefort | Drôme | JEUMONT J48/750 | 0,75 | 2004 | N | Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles. | Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tpm | Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE | |
| Maintenance | 15/12/2010 | Pouillé-les-Coteaux | Loire Atlantique | ENERCON E70 | 2,3 | 2010 | O | Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave. | | Interne SER | Non utilisable |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transport | 31/05/2011 | Mesvres | Saône-et-Loire | - | - | - | - | Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé | | Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011) | Non utilisable |
| Rupture de pale | 14/12/2011 | | | NORDEX N80 | 2,5 | 2003 | O | Pale endommagée par la foudre. Fragments de pales retrouvés par l'exploitant à une distance n'excédant pas 300 m | Foudre | Constructeur - Mainteneur | Distance évaluée par l'exploitant qui a collecté les fragments. A mesurer plus précisément sur site. |
| Incendie | 03/01/2012 | | | NORDEX N90 | 2,3 | 2006 | O | 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 tenté d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour. | Malveillance / incendie criminel | Constructeur - Mainteneur | Le feu ne s'est pas propagé dans l'éolienne (les pneus introduits dans l'éolienne n'ont pas brûlé) |
| Rupture de pale | 05/01/2012 | Widehem | Pas-de-Calais | JEUMONT J48/750 | 0,75 | 2000 | N | Bris d'une pale, dont des fragments ont pu être projetés jusqu'à **200 m** environ. | Tempête + panne d'électricité | Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo Dailymotion Interne exploitant | - |
| Rupture de pale | 11/04/2012 | Sigean | Aude | VESTAS V47 | 0.66 | 1991 | N | Bris d'une pale, dont un fragment a été projeté à 20 m environ. | Impact de foudre | Base de données ARIA | - |
| Rupture de pale | 18/05/2012 | Fresnay-L'Evêque | Eure-et-Loir | REPOWER MM92 | 2 | 2008 | O | Chute de pale au pied de l'éolienne | Corrosion dans les trous d'alésages, qui proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. | Base de données ARIA | - |
| Chute d'une éolienne | 30/05/2012 | Port la Nouvelle | Aude | - | 0.2 | 1991 | N | Chute d'une éolienne | Rafales de vent à 130 km/h | Base de données ARIA | - |
| Rupture de pale | 01/11/2012 | Vieillespesse | Cantal | NORDEX N90 | 2.5 | 2011 | O | Un élément de 400g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât | - | Base de données ARIA | - |
| Incendie | 05/11/2012 | Sigean | Aude | VESTAS V47 | 0.66 | 1991 | N | Un feu se déclare sur une éolienne. Des projections incandescentes enflamment 80 $m^2$ de garrigue environnante. Une pale chute. | Un feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur a entrainé la propagation de courants de court-circuit. | Base de données ARIA | - |
| Rupture de pale | 6/03/2013 | Conilhac-de-la-Montagne | Aude | GAMESA G58 | 0.85 | 2008 | O | A la suite d'un défaut de vibration, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des trois pales qui s'est décroché avant de percuter le mât. | Défaut de vibration. | Base de données ARIA | - |
| Incendie | 17/03/2013 | Euvy | La Marne | GE Energy GE 100 | 2,5 | 2011 | O | Un feu s'est déclaré dans la nacelle d 'une éolienne. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. | Au moment du départ du feu, le vent soufflait à 11m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique. | Base de données ARIA | - |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pale et réseau électrique endommagé | 20/06/2013 | Labastide-sur-Besorgues | Ardèche | ENERCON E44/900 | 0,9 | 2009 | | 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. | Impact de foudre (impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA) | Base de données ARIA | - |
| Projection d'un équipement | 01/07/2013 | Cambon-et-Salvergues | Hérault | ENERCON E70 | 1,3 | 2006 | O | Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pales d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents. Le jet de gaz affecte ses voies respiratoires. | Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total. | Base de données ARIA | - |
| Maintenance | 03/08/2013 | Moréac | Morbihan | GAMESA G90/2000 | 2,0 | 2010 | O | Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. | - | Base de données ARIA | - |
| Incendie | 09/01/2014 | Antheny | Ardennes | NORDEX N100/2500 | 2,5 | 2013 | O | Un feu se déclare au niveau de la partie moteur d'une éolienne. | Incident électrique ? | Base de données ARIA | - |
| Chute de pale | 20/01/2014 | Sigean | Aude | GAMESA G47/660 | 0,66 | 2000 | N | Chute d'une pale de 20 m au pied du mât d'une éolienne | Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. Des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale. | Base de données ARIA | - |
| Chute de pale | 14/11/2014 | St-Cirgues-en-Montagne | Ardèche | SENVION MM8/2050 | 2,05 | 2011 | O | Chute de pale au pied de l'éolienne lors d'un orage et de vents violent. Des débris sont projetés à 150 m | Lors de l'accident, des rafales de vent atteignaient les 130 km/h. | Base de données ARIA | - |
| Chute d'un morceau de pale | 05/12/2014 | Fitou | Aude | NORDEX N60/1300 | 1,3 | 2006 | O | Chute d'une partie de l'aérofrein à 80 m du mât de l'éolienne | Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre | Base de données ARIA | - |
| Incendie | 29/01/2015 | Remigny | Aisne | SIEMENS SWT-2-3-101/2300 | 2,3 | 2015 | O | A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. | 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 de données ARIA | - |
| Incendie | 06/02/2015 | Lusseray | Deux-Sèvres | ENERCON E82/2000 | 2,0 | 2011 | O | Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations. | - | Base de données ARIA | - |
| Incendie | 24/08/2015 | Santilly | Eure-et-Loir | NORDEX N90/2300 | 2,3 | 2005 | O | Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur | Origine accidentelle | Base de données ARIA | - |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chute des pales et du rotor d'une éolienne | 10/11/2015 | Ménil-la-Horgne | Meuse | REPOWER MD 77 | 1,5 | 2007 | O | Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. | Défaillance de l'arbre lent qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice | Base de données ARIA | - |
| Chute de pale | 07/02/2016 | Conilhac-Corbières | Aude | ENERCON E70-2300 | 9,2 | 2014 | O | 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, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. | Base de données ARIA | |
| Chute de pale | 08/02/2016 | Dineault | Finistère | WINDMASTER WM28/300 | 1,2 | 2002 | N | Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire | Tempête (vents de 160 km/h) | Base de données ARIA | |
| Chute de pale | 07/03/2016 | La Lande du Vieux Pavé | Côtes-d'Armor | GAMESA G58/850 | 0,85 | 2009 | N | Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement. | 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 de données ARIA | |
| Fuite d'huile | 28/05/2016 | Janville | Eure-et-Loir | NORDEX N90/2300 | 2,3 | 2005 | N | À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc. | 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 de données ARIA | |
| Incendie | 10/08/2016 | Hescamps | Somme | WINWIND WWD-1-64 | 1,0 | 2008 | N | Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation. | Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu. | Base de données ARIA | |
| Incendie | 18/08/2016 | Dargies | Oise | ENERCON E82/2000 | 2,0 | 2014 | O | Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. | 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 de données ARIA | |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Maintenance | 14/09/2016 | Plaine Auboise | Aube | SIEMENS SWT-2.3-93 | 2,3 | 2009 | N | Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. | - | Base de données ARIA | |
| Fissure sur une pale d'éolienne | 11/01/2017 | Le Quesnoy | Nord | Senvion MM92/2050 | 2,05 | 2010 | - | Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. L'expertise de la pale conclut que le dommage est suffisamment réduit pour être réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement. L'exploitant envisage d'effectuer cette réparation au printemps, lorsque les conditions météorologiques permettront d'intervenir sans la déposer. Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique. | - | Base de données ARIA | |
| Rupture des pales | 12/01/2017 | Tuchan | Aude | N43/600 | 0,6 | 2001 | - | Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autours du mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès. | Après expertise, l'exploitant conclut que la cause la plus probable de la casse de l'arbre lent est un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé. Cette défaillance aurait induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas d'anomalie | Base de données ARIA | |
| Chute de pale | 18/01/2017 | Nurlu | Somme | Gamesa G90/2000 | 2,0 | 2010 | - | Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone. | Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute. | Base de données ARIA | |
| Chut d'un élément de pale | 27/02/2017 | Le Grand Linault | Les Deux-Sèvres | Gamesa G90/2000 | 2,0 | 2011 | | Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 4 éoliennes du parc en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site. | L'expertise du fabriquant conclut à un défaut de fabrication. Par erreur, les couches de tissu du bord d'attaque ont été coupées, manuellement, niveau de la ligne de jonction des 2 coques lors des opérations de ponçage des excès de colle après démoulage de la pale. Dans cette zone, les coques n'étaient maintenues entre elles que par le mastic et la peinture de finition. | Base de données ARIA | |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rupture de pale | 27/02/2017 | Belrain | Meuse | Gamesa G90/2000 | 2,0 | 2011 | | Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise. | Le fabricant de l'éolienne réalise l'expertise de la pale. Ses vérifications lui permettent d'exclure un défaut de fabrication et de confirmer le respect des spécifications. L'hypothèse d'un impact de foudre est également écartée : aucune trace d'impact n'est retrouvée. 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. Le contrôle de 2 autres éoliennes du parc ne révèlent pas de défaut. | Base de données ARIA | |
| Incendie | 06/06/2017 | Le parc du Moulin d'Emanville | Sarthe | VESTAS V112 | 3,0 | 2014 | - | Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage. | En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boitier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre. | Base de données ARIA | |
| Chute de pale | 08/06/2017 | Parc éolien d'Aussac-Vadalle | Charente | GAMESA G90/2000 | 2,0 | 2010 | | Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne. | L'expertise réalisée par le fabriquant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l' origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuit, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut. | Base de données ARIA | |
| Chute de pale | 24/06/2017 | Tambours | Pas-de-Calais | ECOTECNIA 80 1.6 | 1,6 | 2007 | | Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site. | - | Base de données ARIA | |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chute d'un aérofrein | 17/07/2017 | Parc éolien du Cap Fagnet | Seine-Maritime | NEG MICON NM52/900 | 0,9 | 2006 | | Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17. | L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation. | Base de données ARIA | |
| Fuite d'huile | 24/07/2017 | Mauron | Morbihan | GAMEASA G90/2000 | 2,0 | 2008 | | Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain. Seule une zone de pollution de 2 m² sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés | La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite | Base de données ARIA | |
| Rupture de pale | 05/08/2017 | L'Osière | Aisne | REPOWER MM100<br>SIEMENS SWT-2,3-108<br>VESTAS V110 | 2,3 | 2009 | | Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement. | - | Base de données ARIA | |
| Chute d'un carénage | 08/11/2017 | Roman-Blandey | Eure | VESTAS V90/2000 | 2,0 | 2010 | | En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt. | L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles. | Base de données ARIA | |

| Type d'accident | Date | Parc | Département | Type d'éolienne | Puissance (en MW) | Année de mise en service | Technologie récente ? | Description sommaire de l'accident et dégâts | Cause probable de l'accident | Source(s) | Commentaire sur l'utilisation du REX pour les calculs de probabilités de départ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chute d'une éolienne | 01/01/2018 | Bouin | Vendée | NORDEX N80/2400 | 2,4 | 2003 | | En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 80 m de haut se brise en 2. Les 75 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. Les 2 autres éoliennes du parc sont arrêtées. | Selon les premiers éléments de l'exploitant, une défaillance dans le dispositif de mise en sécurité des pales de l'aérogénérateur pourrait avoir conduit à l'événement | Base de données ARIA | |
| Chute d'une pale | 04/01/2018 | Rampont | Meuse | GAMESA G90/2000 | 2,0 | 2008 | | Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m | - | Base de données ARIA | |
| Chute d'un aérofrein | 06/02/2018 | Conilhac-Corbières | Aude | ENERCON | 2,3 | 2014 | | Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés. | À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute. | Base de données ARIA | |

Mise à jour : Octobre 2018

## 13.3 - ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE 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 la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

### 13.3.1 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)

#### 13.3.1.1 - 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.

#### 13.3.1.2 - Scénario G02

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

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

### 13.3.2 - SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- ⇨ Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, 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.

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

### 13.3.3 - Scenarios relatifs aux risques de fuites (F01 a 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,…).

#### 13.3.3.1 - Scénario F01

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

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

- ⇨ Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- ⇨ Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- ⇨ Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

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

#### 13.3.3.2 - Scénario F02

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

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- ⇨ Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- ⇨ Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.
Evénement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

### 13.3.4 - Scenarios relatifs aux risques de chute d'elements (C01 a C03)

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

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

### 13.3.5 - Scenarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 a P06)

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

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

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

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

#### 13.3.5.1 - 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.

#### 13.3.5.2 - 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

#### 13.3.5.3 - Scénarios P03

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

### 13.3.6 - Scenarios relatifs aux risques d'effondrement des eoliennes (E01 a 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, …

## 13.4 - ANNEXE 4 – PROBABILITE 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 :

Paccident = PERC x Porientation x Protation x Patteinte x Pprésence

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

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

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

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

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

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

## 13.5 - ANNEXE 5 –GLOSSAIRE

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

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

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

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

**Evénement redouté central :** Evénement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle» et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

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

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

**Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques :** Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.
**Intensité des effets d'un phénomène dangereux :** Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », «structures». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

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

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

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

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

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

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

**Probabilité d'occurrence :** Au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.
Attention aux confusions possibles :
1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- **ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
- **SER** : Syndicat des Energies Renouvelables
- **FEE** : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)
- **INERIS** : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS
- **EDD** : Etude de dangers
- **APR** : Analyse Préliminaire des Risques
- **ERP** : Etablissement Recevant du Public

## 13.6 - ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES


[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