

# PARC EOLIEN NORD VAL DE L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)

## Étude de dangers

Date : Octobre 2012

Version : 4

|   |                         |                |
|---|-------------------------|----------------|
| <b>NEOEN</b><br><b>PARC EOLIEN NORD VAL DE</b><br><b>L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b> | <b>ETUDE DE DANGERS</b> | Page 2 sur 102 |
|---|-------------------------|----------------|

**VALIDATION**

| REDACTEUR        | FONCTION   | DATE            |
|------------------|--|-----------------|
| Gaëlle MARMIE    | Consultante en Environnement et Risques Industriels<br>APAVE Sudeurope | 22 octobre 2012 |
| APPROBATEUR      | FONCTION   | DATE            |
| Anne-Laure ROURE | Chef de Projet Eolien<br>Neoen Services                                | 26 octobre 2012 |

**HISTORIQUE DES MODIFICATIONS**

| VERSION | DATE             | OBJET DE LA MODIFICATION                                      |
|---------|------------------|---|
| 0       | 12 décembre 2011 | Création du document  |
| 1       | 13 décembre 2011 | Prise en compte des remarques suite à relecture Apave         |
| 2       | 14 décembre 2011 | Prise en compte des remarques de l'approbateur                |
| 3       | 22 octobre 2012  | Reprise de l'étude de dangers suite aux remarques de la DREAL |
| 4       | 26 octobre 2012  | Prise en compte des remarques de l'approbateur                |

|   |                         |                |
|---|-------------------------|----------------|
| <b>NEOEN</b><br><b>PARC EOLIEN NORD VAL DE</b><br><b>L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b> | <b>ETUDE DE DANGERS</b> | Page 3 sur 102 |
|---|-------------------------|----------------|

## SOMMAIRE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. GENERALITES .....</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS .....  | 5         |
| 1.2. REFERENCE NOMENCLATURE ICPE .....  | 6         |
| 1.3. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE .....   | 6         |
| 1.4. OBJET DE L'ETUDE .....   | 7         |
| <b>2. PERIMETRE DE L'ETUDE DE DANGERS .....</b>   | <b>8</b>  |
| 2.1. LOCALISATION DU SITE .....   | 8         |
| 2.2. PERIMETRE D'ETUDE .....  | 9         |
| <b>3. ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION .....</b>   | <b>10</b> |
| 3.1. ENVIRONNEMENT NATUREL .....  | 10        |
| 3.1.1. <i>Contexte climatique</i> .....   | 10        |
| 3.1.2. <i>Contexte physique</i> .....   | 11        |
| 3.1.3. <i>Risques naturels</i> .....  | 12        |
| 3.1.4. <i>Zones naturelles sensibles</i> .....  | 13        |
| 3.2. ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE .....   | 13        |
| 3.2.1. <i>Zones urbanisées et urbanisables</i> .....  | 13        |
| 3.2.2. <i>Réseaux de transports</i> .....   | 14        |
| 3.2.3. <i>Réseaux routiers</i> .....  | 14        |
| 3.2.4. <i>Autres réseaux et servitudes</i> .....  | 15        |
| 3.2.5. <i>Risques technologiques – Présence d'ICPE</i> .....  | 17        |
| 3.3. IDENTIFICATION DES CIBLES .....  | 18        |
| 3.3.1. <i>Cibles humaines</i> .....   | 18        |
| 3.3.2. <i>Cibles environnementales</i> .....  | 18        |
| 3.3.3. <i>Cibles matérielles</i> .....  | 18        |
| 3.3.4. <i>Cartographie de synthèse</i> .....  | 19        |
| <b>4. ACTIVITE DE L'INSTALLATION .....</b>  | <b>20</b> |
| 4.1. NATURE DES ACTIVITES .....   | 20        |
| 4.2. FONCTIONNEMENT GENERAL DES INSTALLATIONS .....   | 20        |
| 4.2.1. <i>Nature des installations</i> .....  | 20        |
| 4.2.2. <i>Fonctionnement des installations</i> .....  | 21        |
| 4.2.3. <i>Produits dangereux</i> .....  | 22        |
| 4.2.4. <i>Sécurité des installations</i> .....  | 22        |
| 4.2.5. <i>Operations d'entretien et de maintenance</i> .....  | 23        |
| 4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION .....   | 23        |
| 4.3.1. <i>Réseaux électriques</i> .....   | 23        |
| 4.3.2. <i>Réseaux d'eaux et de gaz</i> .....  | 24        |
| 4.4. DECOUPAGE FONCTIONNEL DE L'INSTALLATION .....  | 24        |
| <b>5. ANALYSE DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION .....</b>   | <b>25</b> |
| 5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS .....  | 25        |
| 5.1.1. <i>Dangers intrinsèques liés aux produits</i> .....  | 25        |
| 5.1.2. <i>Interactions chimiques dangereuses possibles avec les autres produits présents sur le site (incompatibilités)</i> ..... | 25        |
| 5.1.3. <i>Dangers liés à la mise en œuvre des produits</i> .....  | 26        |
| 5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....   | 26        |
| <b>6. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS .....</b>   | <b>27</b> |
| 6.1. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS .....  | 27        |
| 6.2. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES A L'ACTIVITE DE L'INSTALLATION .....  | 27        |
| 6.2.1. <i>Normes applicables</i> .....  | 27        |
| 6.2.2. <i>Effondrement d'éolienne et projection de pales</i> .....  | 28        |
| 6.2.3. <i>Projection de glace</i> .....   | 28        |
| 6.2.4. <i>Incendie</i> .....  | 29        |
| 6.2.5. <i>Recul aux habitations</i> .....   | 29        |

|   |                         |                |
|---|-------------------------|----------------|
| <b>NEOEN</b><br><b>PARC EOLIEN NORD VAL DE</b><br><b>L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b> | <b>ETUDE DE DANGERS</b> | Page 4 sur 102 |
|---|-------------------------|----------------|

|   |           |
|---|-----------|
| 6.2.6. Recul aux routes.....  | 29        |
| <b>7. RETOUR D'EXPERIENCE.....</b>  | <b>30</b> |
| 7.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....                         | 30        |
| 7.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONNAL.....                | 31        |
| 7.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT..... | 33        |
| <b>8. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....</b>                                   | <b>34</b> |
| 8.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....                          | 34        |
| 8.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....  | 34        |
| 8.3. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....  | 35        |
| 8.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines.....                      | 35        |
| 8.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....                     | 36        |
| 8.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....               | 36        |
| 8.5. EFFETS DOMINOS.....  | 40        |
| 8.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE.....                                   | 40        |
| 8.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....                        | 49        |
| <b>9. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....</b>  | <b>50</b> |
| 9.1. RAPPEL DES DEFINITIONS.....  | 50        |
| 9.1.1. Cinétique.....   | 50        |
| 9.1.2. Intensité.....   | 50        |
| 9.1.3. Gravité.....   | 51        |
| 9.1.4. Probabilité.....   | 52        |
| 9.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS.....                                   | 53        |
| 9.2.1. Effondrement de l'éolienne.....  | 53        |
| 9.2.2. Chute de glace.....  | 55        |
| 9.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne.....  | 58        |
| 9.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales.....                          | 60        |
| 9.2.5. Projection de glace.....   | 64        |
| 9.3. SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....                               | 66        |
| 9.3.1. Tabelau de synthèse des scénarios étudiés.....                             | 66        |
| 9.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques.....                               | 67        |
| 9.3.3. Cartographies des risques.....   | 68        |
| <b>10. CONCLUSION.....</b>  | <b>74</b> |
| <b>11. RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS.....</b>                        | <b>75</b> |
| 11.1. OBJET DU DOSSIER.....   | 75        |
| 11.2. DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET.....   | 75        |
| 11.3. ENVIRONNEMENT PROCHE.....   | 75        |
| 11.4. ANALYSE DE RISQUES.....   | 76        |
| 11.4.1. Méthodologie.....   | 76        |
| 11.4.2. Hierarchisation des scénarios d'accident.....                             | 77        |
| 11.4.3. Hierarchisation des scénarios d'accident.....                             | 77        |
| 11.5. CRITICITE DES ACCIDENTS MAJEURS.....  | 78        |
| 11.6. CARTOGRAPHIES DE SYNTHESE.....  | 79        |
| <b>ANNEXES.....</b>   | <b>85</b> |



**Ce document est l'étude de dangers du projet de parc éolien Nord Val de l'Indre complétée et modifiée suite aux remarques de la DREAL Centre en s'appuyant sur le « guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens ».**

Ce guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. L'INERIS a validé la méthodologie suivie dans le présent guide, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ainsi, ce guide est le reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques pour les parcs éoliens, en l'état actuel des connaissances des experts ayant participé à son élaboration. La lettre de validation de ce guide par la Direction Générale de la Prévention des Risques est disponible en annexe 5.

## **1. GENERALITES**

### **1.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS**

Cette étude a été réalisée par Neoen en collaboration avec Apave Sudeurope (Gaëlle MARMIE, Consultante Environnement et Risques Industriels).

Le groupe Neoen est un acteur majeur du monde de l'énergie en France. Dans le but de consolider sa position et renforcer encore l'attractivité de ses offres, Neoen a entrepris d'investir dans les énergies renouvelables en développant des projets éoliens (sur terre et en mer), solaires photovoltaïques, et biomasse/biogaz.

Chaque parc éolien fait l'objet d'une société dédiée et détenue par Neoen : le projet éolien Nord Val de l'Indre est la SAS Centrale Eolienne Nord Val de l'Indre. L'étude de dangers est présentée par :

- ❖ Raison sociale : **SARL Centrale Eolienne Nord Val de l'Indre**
- ❖ Forme Juridique : SARL
- ❖ N° Siret : 507 947 133 00033
- ❖ N° Siren : 507 947 133
- ❖ Code NAF : 3511Z
- ❖ Adresse du siège social : Tour Maine-Montparnasse  
33, avenue du Maine  
75015 Paris
- ❖ Personne responsable de l'étude : M. Alexis BRODERS  
Gérant
- ❖ Téléphone : 01 70 91 62 62

|   |                         |                |
|---|-------------------------|----------------|
| <b>NEOEN</b><br><b>PARC EOLIEN NORD VAL DE L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b> | <b>ETUDE DE DANGERS</b> | Page 6 sur 102 |
|---|-------------------------|----------------|

## 1.2. REFERENCE NOMENCLATURE ICPE

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (Grenelle II) a fait entrer les éoliennes dans le champ d'application des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement à la date du 13 juillet 2011 (12 mois après publication de la loi).

La rubrique 2980 "Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs" a été créée par le Décret n° 2011-984 du 23 août 2011.

| NUMERO RUBRIQUE | DESIGNATION DES ACTIVITES ET DES SEUILS DE CLASSEMENT   | PROJET NORD VAL DE L'INDRE  | CLASSEMENT          |
|-----------------|---|---|---------------------|
| 2980.1          | 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 | <b>6</b> éoliennes de hauteur de mât de <b>78,5 m</b> (hauteur totale déployée de 126,25 m) et de puissance unitaire maximale de <b>2,05 MW</b><br>Puissance globale maximale du parc éolien Nord Val de l'Indre : <b>12,3 MW</b> | <b>Autorisation</b> |

**Tableau 1 : Classement ICPE du parc éolien Nord Val de l'Indre (source : Apave)**

Les éoliennes dont sera équipé le parc éolien Nord Val de l'Indre présentent une hauteur de mât de plus de 50 m et sont donc soumises au régime de l'autorisation. Elles sont soumises au respect des dispositions du Livre V du code de l'environnement relatif aux installations classées.

C'est dans ce cadre que Neoen a réalisé la présente étude de dangers, en prenant en compte les méthodologies d'élaboration des études de dangers pour les sites soumis à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

## 1.3. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

L'étude de dangers a été réalisée sur la base des référentiels suivants :

- article R 512-9 du Code de l'Environnement ;
- arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers en application de la loi du 30 juillet ;
- arrêté ministériel du 26/08/11 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 ;
- guide méthodologique pour la réalisation des études de dangers en raffinerie, stockage, dépôts de produits liquides et liquéfiés – Union française des industries pétrolières (UFIP) – mai 2001 ;
- guide de l'état de l'art sur les silos V3 – INERIS – avril 2008 ;
- rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines n°04-5, juillet 2004.

La présente étude a aussi été organisée suivant le plan-type des études de dangers des parcs éoliens élaboré par un groupe de travail « Etude de dangers » de la Commission SER-FEE (Syndicat des Energies Renouvelables – France Energie Eolienne) Chantiers techniques.

#### **1.4. OBJET DE L'ETUDE**

La société projette la création d'un parc éolien (6 éoliennes de puissance unitaire de 2,05 MW maximum) sur les communes d'Argy et Sougé dans le département de l'Indre (36). **Les dimensions et le modèle des éoliennes retenues dans le cadre de l'étude de dangers seront de type Repower MM92.**

Les objectifs de cette étude de dangers sont les suivants :

- ⇒ s'assurer que l'installation ne présente pas de phénomènes dangereux pour les intérêts visés à l'article L511-1 du Code de l'Environnement (livre V, Titre 1<sup>er</sup>) ;
- ⇒ étudier les interactions (effets dominos) de l'installation au sein de l'environnement dans lequel elle est exploitée ;
- ⇒ favoriser l'émergence d'une culture partagée du risque au voisinage du projet ;
- ⇒ démontrer la pertinence des choix techniques au regard de l'analyse des risques réalisée ;
- ⇒ définir d'éventuelles mesures de prévention et de protection complémentaires.

## 2. PERIMETRE DE L'ETUDE DE DANGERS

### 2.1. LOCALISATION DU SITE

Le projet concerne l'installation du parc éolien du Nord Val de l'Indre, composé de 6 éoliennes, dans la région Centre, au nord du département de l'Indre (36). La zone d'implantation se situe sur les communes d'Argy et Sougé qui comptent environ 780 habitants et représentent une superficie de 52 km<sup>2</sup>.

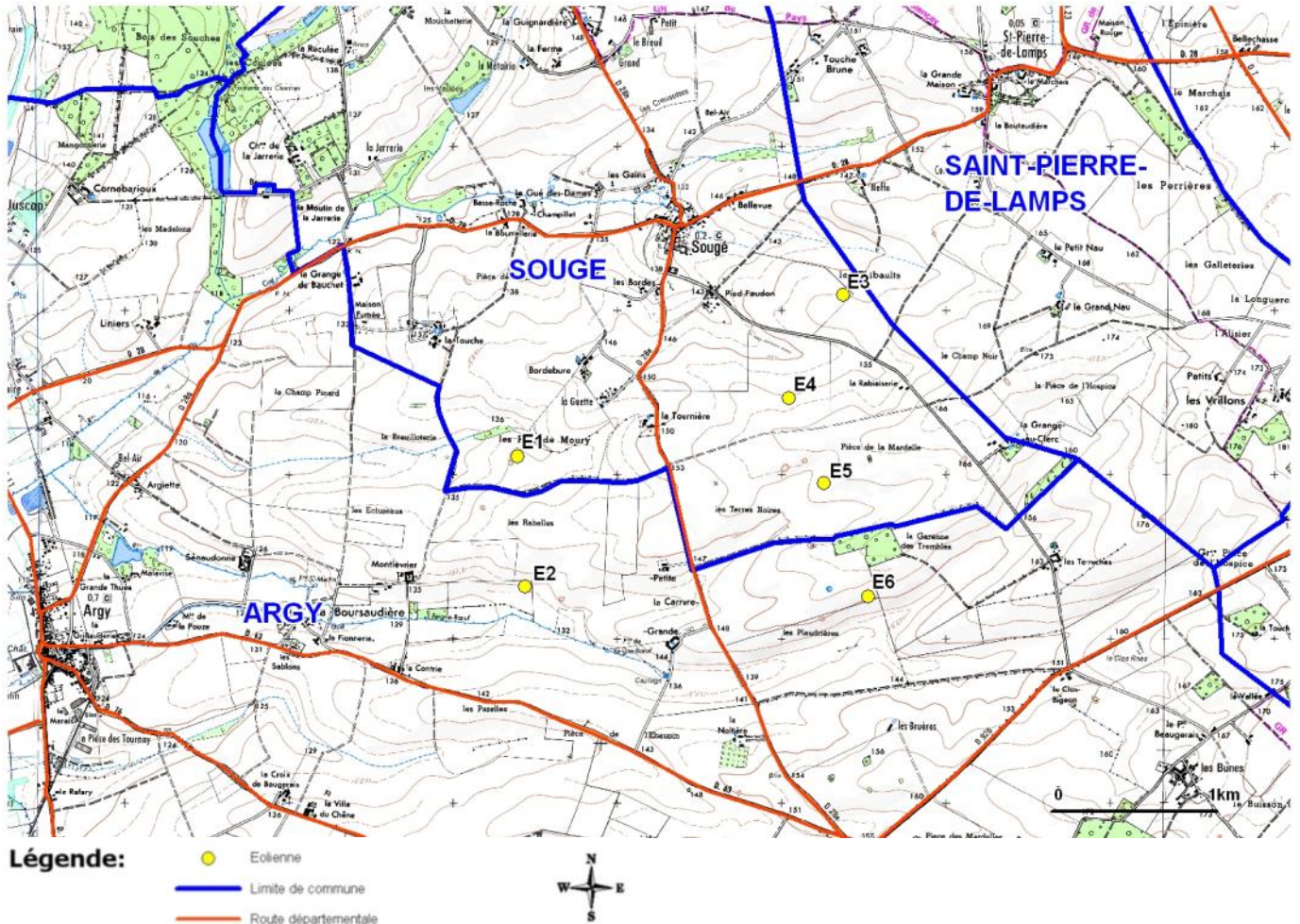


Figure 1 : Implantation du parc éolien Nord Val de l'Indre (source : Neoen-Services)



## 2.2. PERIMETRE 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.

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, qui sera néanmoins représenté sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de l'élaboration du guide de l'INERIS ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

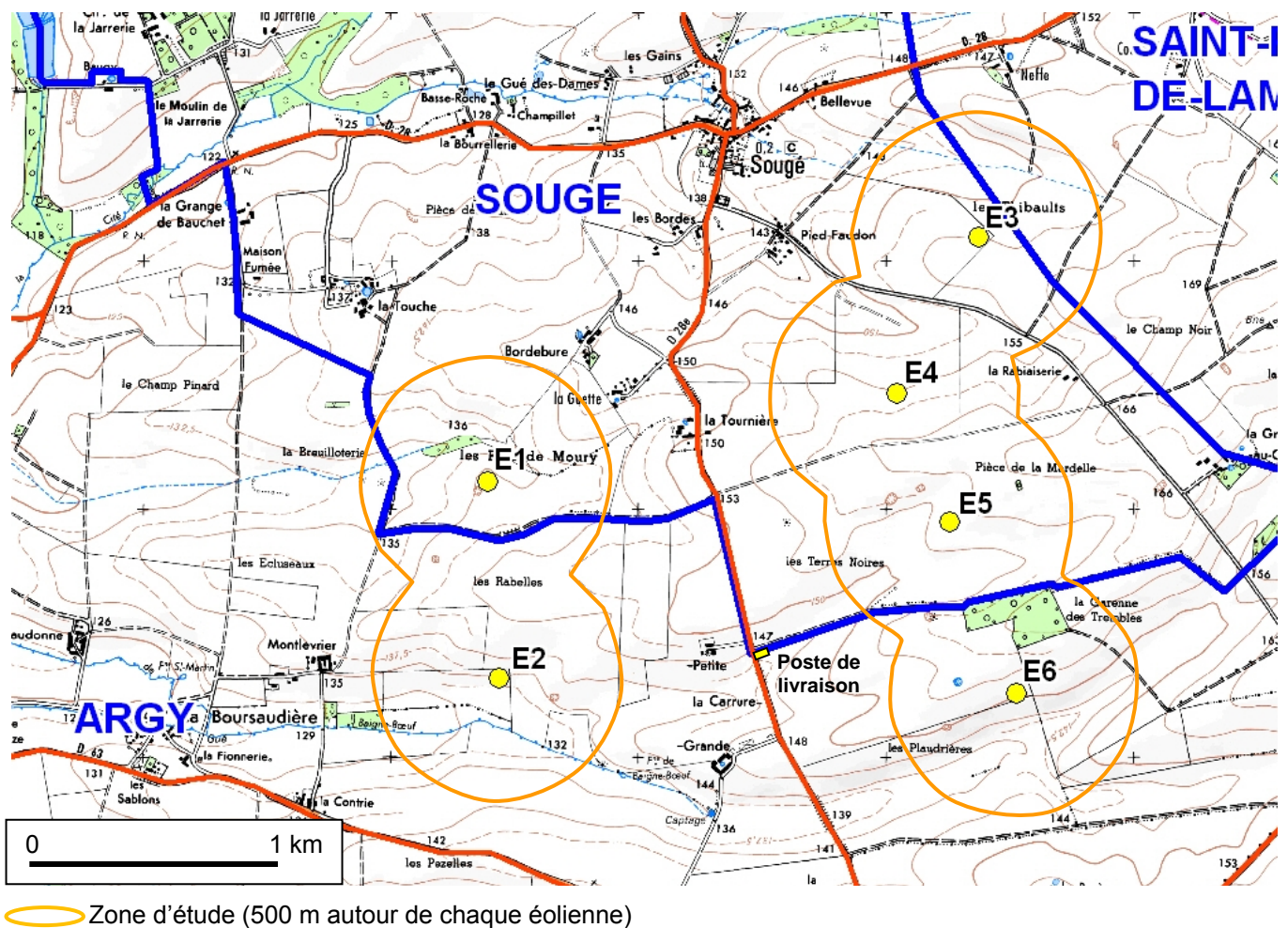


Figure 2 : Périmètre de l'étude de dangers (source : Neoen-Services, Apave)

### 3. ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

#### 3.1. ENVIRONNEMENT NATUREL

##### 3.1.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le Berry appartient au domaine climatique océanique plus ou moins altéré, caractérisé par des températures moyennes annuelles assez douces et une pluviométrie modérée.

Les données climatologiques de la station climatologique de Déols (36) donnent quelques moyennes :

- la température moyenne est de 11°C sur l'année avec un minimum moyen de 3,4°C en janvier et un maximum moyen de 19,1°C en juillet (période : 1961-1990) ;
- les précipitations moyennes cumulées sur l'année sont de 722 mm (période : 1961-1990) ;
- le nombre moyen de jour de gel par an est de 57,1 pour la période 1961-1990 et de 46,8 pour la période 1991-2007 ;
- on compte 13,4 jours de neige en moyenne par an avec un maximum en février pour la période 1961-1990 et 7,6 jours avec un maximum en février aussi pour la période 1991-2007.

##### ➤ Orages

L'activité orageuse est définie par deux paramètres :

- le nombre de jours d'orage par an (No) (moyenne nationale = 11,19) ;
- la densité d'arcs (Da) (nombre d'arcs, par kilomètre-carré et par an) (moyenne nationale = 1,63).

La base de données statistiques METEORAGE indique les valeurs suivantes :

- Argy : No = 10 ; Da = 1,07 arcs/ km<sup>2</sup>/an
- Sougé: No = 10 ; Da = 1,45 arcs/ km<sup>2</sup>/an

Ces chiffres montrent que le territoire communal est en-dessous de la moyenne nationale en « nombre de jour d'orage par an » et également en intensité. Ceci illustre le fait que le secteur est soumis à des orages un peu moins violents que la moyenne et que la probabilité de foudroiement est inférieure à la normale.

##### ➤ Vents

Afin d'évaluer précisément le potentiel éolien du secteur d'implantation, un pylône météorologique de 60 mètres a été implanté à Sougé, entre juin 2007 et février 2009. Des mesures du vent à 20, 40 et 60 mètres ont été réalisées et permettent d'obtenir une estimation précise de la fréquence et de la direction des vents sur la zone.

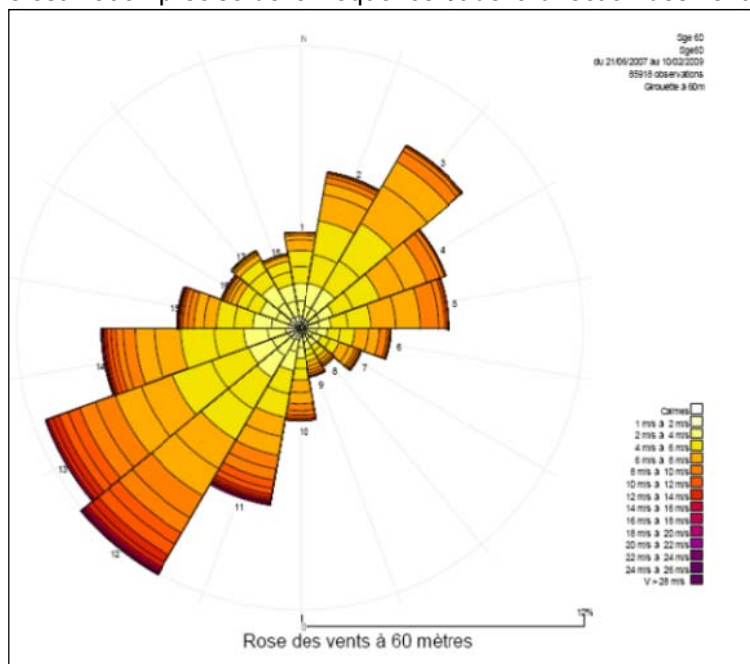


Figure 3 : Rose des vents Sougé (2007-2009) (source : Neoen Services)

La rose des vents identifie clairement deux régimes majeurs de vent : un régime dominant de sud-ouest et un régime secondaire de direction nord-est.

Durant la période de la campagne de mesures de vent sur site, de juin 2007 à février 2009, la valeur maximale de vent (rafale 3 secondes) enregistrée à 60 mètres de hauteur sur le mât de mesures de Sougé a été de 36,2 m/s, vitesse mesurée.

Les conditions météorologiques ne sont pas défavorables au développement d'un projet de parc éolien au niveau de la zone d'implantation : des vents dominants de secteur sud-ouest et nord-est et une température minimum moyenne ne baissant pas en dessous de 3°C.

### 3.1.2. CONTEXTE PHYSIQUE

#### 3.1.2.1. Relief

Le site est localisé entre la vallée de l'Indre au Sud, celle du ruisseau de la Cité à l'Ouest et le Bois de Villegongis au sud-est. Le plateau qui porte le projet éolien est asymétrique à double titre : en pente vers le nord (ruisseau de la Cité) et en pente vers le sud (vallée de L'Indre). Dans le cœur de la zone d'étude, l'altitude est comprise entre 135 et 160 mètres.

#### 3.1.2.2. Contexte géologique

Le secteur d'étude se situe sur des terrains marneux ou argileux datant du Kimméridgien ou de l'Oxfordien supérieur. Ces sols souvent argileux dans le secteur d'Argy et difficiles à drainer peuvent également présenter le type de cailloutis en surface attribués aux marnes et cailloutis de l'Oxfordien et du Jurassique supérieur.

De très nombreuses mardelles (zones circulaires boisées d'une vingtaine à une quarantaine de mètres de diamètre) ponctuent la surface du plateau. Elles offrent l'image très caractéristique de dépressions peu profondes (2 à 5 m) plus ou moins remblayées au fil du temps par l'activité agricole. Dans le secteur d'étude, on recense une quinzaine de mardelles.

#### 3.1.2.3. Les eaux superficielles et souterraines

Le site éolien est situé dans le bassin versant de l'Indre, entre le Ruisseau de la Cité et de la Trégonce.

Le ruisseau de la Cité, affluent de l'Indre, prend sa source à Saint-Pierre-de-Lamps et se dirige vers le Sud-Ouest puis vers l'Ouest. Il se jette dans l'Indre à Saint-Genou. Le ruisseau de la Cité arrose les villages de Sougé et d'Argy. Le ruisseau de la Cité borde au nord le périmètre du site éolien.

Dans la zone d'étude, trois nappes sont exploitées :

- la nappe de la craie du Turonien, qui est peu productive et vulnérable aux pollutions ;
- la nappe des sables du Cénomaniens (nappe captive), utilisée comme eau potable ;
- la nappe des calcaires Jurassiques, présentes en surface, utilisée par la ville de Levroux.

D'après les données issues du BRGM, le sud du projet éolien du Nord Val de l'Indre, principalement les éoliennes E2 et E6 sont concernées par la présence d'une nappe sub-affleurante. Cette nappe correspond au passage du ruisseau de Baigne-Bœuf. Au niveau de ces 2 éoliennes, le risque d'inondation dans les sédiments est très élevé. En ce qui concerne les autres éoliennes du projet éolien et le poste de livraison, ils sont situés en zone d'aléa faible à très faible voire inexistant.

D'après le § Hydrologie dans le complément de l'étude d'impact, de nombreux forages privés pour l'eau et l'irrigation et des sondages ont été réalisés le long du ruisseau de Baigne-Bœuf, le niveau d'eau mesuré par rapport au sol est compris entre 0,7 m et 4,2 m.

On ne rencontre pas de captage d'eau potable ni aucune servitude ou contrainte de protection de captage au sein des communes d'Argy et de Sougé.

### 3.1.3. RISQUES NATURELS

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de l'Indre et la consultation du site Prim.net : "ma commune face aux risques majeurs", les deux communes d'implantation du projet (Argy et Sougé) ne font l'objet d'aucun risque majeur.

#### ➤ Inondations

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs de l'Indre et le site « prim.net », aucune commune de la zone d'implantation du projet n'est recensée comme soumise au risque « Inondation ». Elles ne sont pas concernées par un Plan de Prévention des Risques « Inondation » ni par un Atlas des Zones Inondables.

La zone d'implantation des éoliennes est soumise aux remontées de nappes avec une sensibilité très faible (voire inexistant) à faible pour les éoliennes E1, E3, E4, E5 et le poste de livraison ; et de sensibilité forte à très élevée (nappe sub-affleurante) pour les éoliennes E2 et E6.

En régime normal d'exploitation, les éoliennes Repower MM92 sont constituées en pied de mât, en bas de la tour d'un transformateur. **En concertation avec Repower, toutes les installations électriques et notamment le transformateur seront situés sur une plateforme surélevée à 1,50 m par rapport au pied du mât. Tous les équipements seront donc mis hors d'eau en cas d'inondation à l'intérieur des éoliennes. L'ensemble des éoliennes du projet Nord Val de l'Indre seront équipées de cette plateforme à l'intérieur de leurs mâts.**

#### ➤ Séisme

Les deux communes de la zone d'implantation du projet sont classées en zone de sismicité 2 (faible) suivant le zonage défini par le décret 2010-1255 du 22 octobre 2010 et en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> mai 2011.

**Conformément à la demande de compléments de la DREAL du Centre, une attestation d'un contrôleur de l'Apave concernant les règles parasismiques est fournie en annexe 7.**

#### ➤ Foudre

Le territoire communal d'Argy et Sougé est en-dessous de la moyenne nationale en « nombre de jour d'orage par an » et également en intensité. Le secteur est soumis à des orages un peu moins violents que la moyenne et moins fréquemment.

La taille et les matières composant une éolienne peuvent être potentiellement attractives pour la foudre. C'est toutefois une composante environnementale connue des constructeurs éoliens et systématiquement prise en compte dans la conception des aérogénérateurs.

#### ➤ Mouvements de terrains

Les communes de la zone d'implantation du projet ne sont pas concernées par le risque de mouvements de terrains. Sur le secteur d'étude, l'aléa retrait et gonflement des argiles est nul à faible. Le secteur d'étude est soumis à un aléa faible pour l'érosion.

#### ➤ Risques naturels

Les différentes catastrophes naturelles recensées sur le territoire des communes d'Argy et Sougé sont présentées ci-après :

- tempête (novembre 1982) ;
- inondations et coulées de boue (décembre 1982) ;
- inondations, coulées de boue et mouvements de terrain (décembre 1999) ;
- mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols (janvier 2006 uniquement sur la commune d'Argy).

Le département de l'Indre n'est pas recensé comme étant soumis au risque « Incendie de forêt ». Aucune commune de la zone d'implantation n'est recensée comme étant soumise au risque « Tempête ».

➤ Formation de glace

Les jours de gelée sont au nombre de 47 (période : 1991-2007).

La formation de glace est principalement liée à la présence de brouillard givrant (présence de gouttes dans l'air à température négative).

3.1.4. ZONES NATURELLES SENSIBLES

Aucun zonage écologique concernant la flore ou la faune terrestre n'est situé sur les communes d'implantation du projet ni sur ses abords. Le site écologique le plus proche est une ZNIEFF de type 1 (Bois de Chaulmes) à 4 km à l'Ouest du projet.

**3.2. ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE**

3.2.1. ZONES URBANISEES ET URBANISABLES

Le projet éolien se structure selon deux linéaires : un linéaire ouest et un linéaire est.

La figure ci-après permet d'évaluer les distances d'éloignement entre les éoliennes et les habitations alentours.

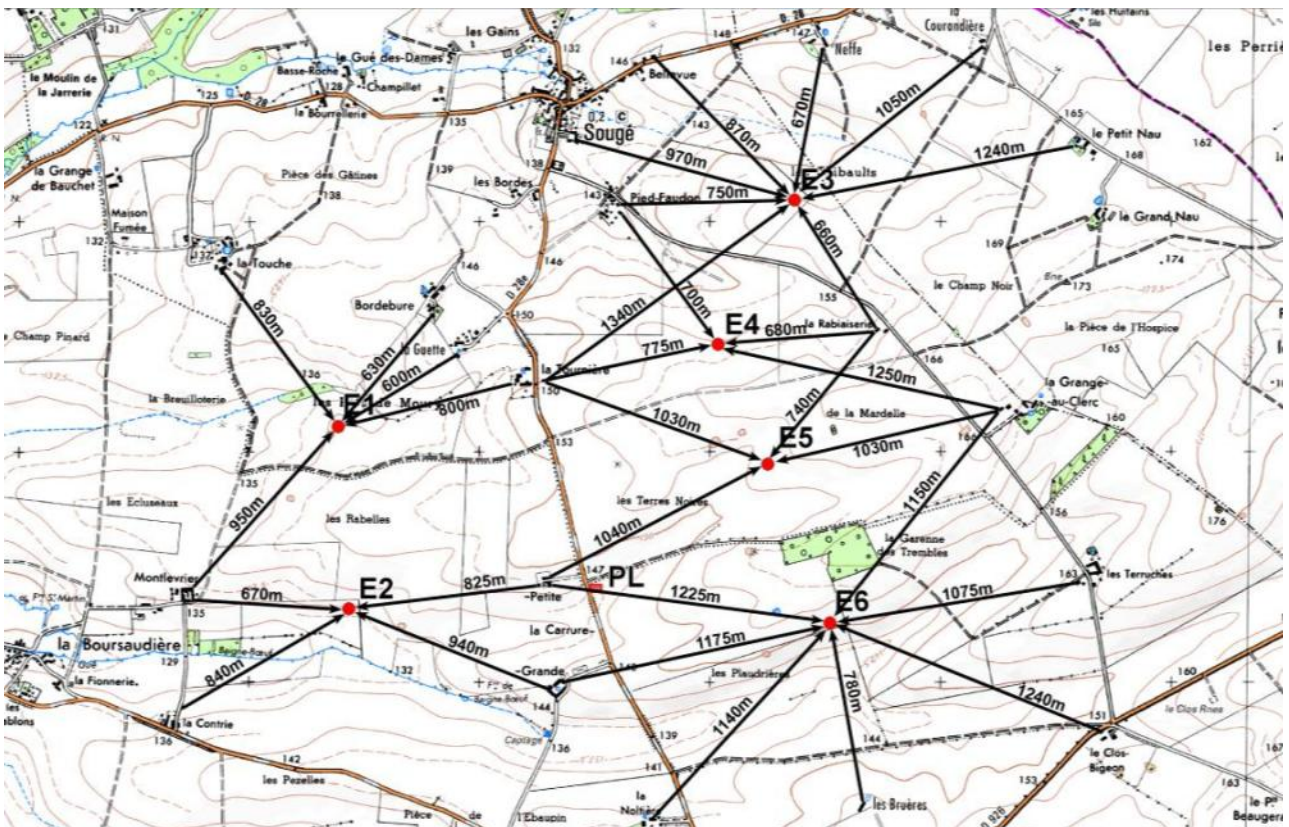


Figure 4 : Eloignement des éoliennes par rapport aux habitations alentours (source : Neoen Services)

Les habitations les plus proches du linéaire ouest se situent à environ 600 mètres de distance de la 1<sup>ère</sup> éolienne. Les habitations les plus proches du linéaire est sont à environ 660 mètres de la 3<sup>ème</sup> éolienne.

L'agriculture représente l'activité principale des communes concernées par le projet éolien.

La superficie forestière est de 402 hectares à Argy et de 190 hectares à Sougé, soit un taux de boisement de 10,2% et de 14,6%. Le cœur de la zone d'étude est quasiment exempt de bois, aucune opération de défrichement ne se révélant nécessaire.

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>NEOEN</b><br/> <b>PARC EOLIEN NORD VAL DE</b><br/> <b>L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>ETUDE DE DANGERS</b></p> | <p style="text-align: right;">Page 14 sur 102</p> |
|--|--|---|

La randonnée est l'un des principaux attraits de la région. Le sentier de grande randonnée (GR) du Pays de Valençay traverse le secteur d'étude, il est au plus près à 1,2 km des éoliennes.

### 3.2.2. RESEAUX DE TRANSPORTS

#### ➤ Transport aérien civil

D'après la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), le projet n'est concerné par aucune servitude aéronautique ou radioélectrique relevant de sa compétence.

#### ➤ Transport aérien militaire

Après consultation de l'Armée de l'Air, le projet n'est pas concerné par une servitude aéronautique de l'armée. Une nouvelle consultation a été réalisée auprès de l'Armée de l'Air le 20/09/2012 suite à la demande de compléments de la DREAL Centre, l'avis de l'Armée sur le projet est favorable.

Le projet devra néanmoins prévoir un balisage « diurne et nocturne » conformément à l'arrêté du 13 novembre 2009.

### 3.2.3. RESEAUX ROUTIERS

La desserte routière du site peut se faire par l'intermédiaire d'un réseau de routes secondaires. Les axes routiers à proximité de la zone d'implantation sont les suivants (le trafic est faible dans le périmètre éolien) :

- des routes et chemins communaux desservent les parcelles agricoles et relient les hameaux et lieu-dit entre eux ;
- la RD926 (1 260 véhicules/jour, conseil général de l'Indre, édition 2010) passant au sud-est de la zone d'implantation des éoliennes et reliant Buzançais à Levroux ;
- la RD63 (172 véhicules/jour, conseil général de l'Indre, chiffres de 2003) passant au sud-ouest de la zone d'implantation des éoliennes et reliant Argy à la RD926 ;
- la RD28 passant au nord de la zone d'implantation des éoliennes et reliant Argy à Saint-Pierre de Lamps ;
- la RD28e (absence de données d'après le conseil général de l'Indre, cf. mail en annexe 6) passant entre les deux linéaires d'implantation.

L'implantation du parc éolien respecte une distance de recul des routes bitumées d'au moins 150 m.

**| De plus, aucune route départementale ne traverse le périmètre d'étude (cf. figure 2).**

***L'implantation d'un parc éolien constitue généralement une attraction, la fréquentation du site est donc modifiée. Cependant, par retour d'expérience, cette fréquentation reste faible et limitée, surtout en période de vent violent (vitesse proche de la vitesse de sécurité de l'éolienne).***

### 3.2.4. AUTRES RESEAUX ET SERVITUDES

#### ➤ Gaz

La principale servitude connue sur l'aire d'implantation du projet est liée au passage d'une conduite de gaz à haute pression exploitée par GRT Gaz (DN800, PMS de 80 bars). Ce dernier, consulté sur le projet, préconise des distances d'éloignement de ses ouvrages de transport en se basant sur des scénarios potentiels de défaillance des éoliennes (chute d'éléments mécaniques).

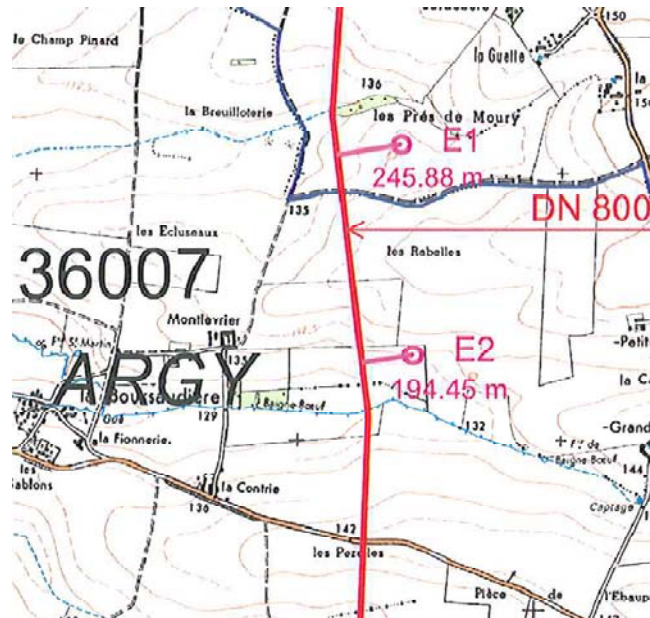
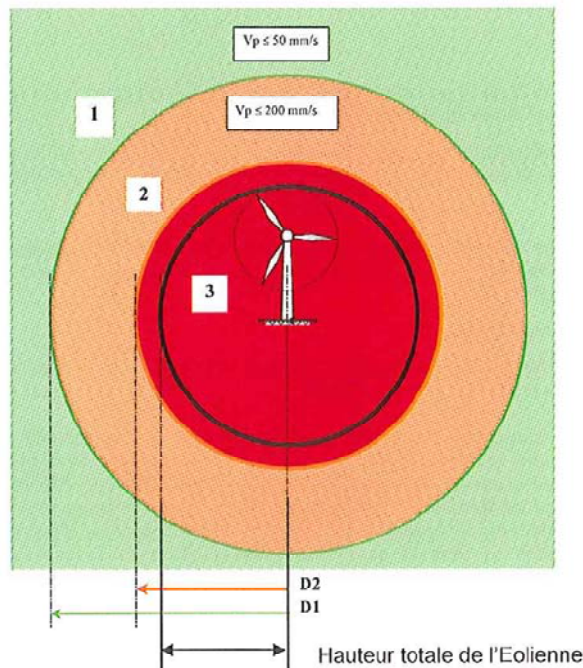


Figure 5 : Implantation de la canalisation GRT Gaz (source : Neoen Services, GRT Gaz)

Les distances d'éloignement des éoliennes sont considérées en prenant en compte les événements suivants :

- l'effondrement de la machine : la zone de risque correspond à la surface dont le rayon est limité à la hauteur totale de l'éolienne ;
- la projection d'objets tels que pales ou morceaux de pale. La zone de risque peut atteindre plusieurs centaines de mètres.

GRT Gaz définit les zones déterministes suivantes :



⇒ Zone 1 (verte) :  $D \geq D1$

En cas de chute de l'éolienne, une distance au sol  $D$  supérieure à  $D1$  permet de s'assurer que la vibration transmise dans le sol ne provoquera aucun dommage sur la canalisation.

⇒ Zone 2 (orange) :  $D2 \leq D < D1$

En cas de chute de l'éolienne, une distance au sol  $D$  supérieure à  $D2$  permet de s'assurer que la vibration transmise dans le sol ne provoquera pas un dommage sur la canalisation supérieur à l'équivalent d'un séisme significatif.

⇒ Zone 3 (rouge) :  $D < D2$

Aucun ouvrage ne doit se trouver dans cette zone sans une étude spécifique effectuée au cas par cas.

Dans tous les cas, suivant les recommandations de l'expertise du cabinet Veenker, une éolienne ne pourra être implantée à moins de 30 m d'une canalisation enterrée.

Les distances pour chaque zone ont été calculées pour les aérogénérateurs Repower MM92 sur la base des données suivantes :

- Hauteur de la tour de l'éolienne –  $H_t$  : 80 m
- Masse de la tour de l'éolienne –  $M_t$  : 146,5 t
- Rayon du rotor : longueur d'une pale –  $R$  : 46,25 m
- Masse totale du rotor, de la nacelle et des pales de l'éolienne –  $M_r$  : 112,05 t
- Hauteur relative du barycentre de la tour de l'éolienne –  $f$  : 0,50

**$D1 = 235 \text{ m}$**

**$D2 = 138 \text{ m}$**



| PLAN DE ZONAGE POUR LIMITER LES EFFETS D'UNE CHUTE DE L'EOLIENNE DEPUIS SA BASE |  |   |
|---|--|---|
| <b>Zone 1</b>   | $D \geq 235 \text{ m}$                 | Aucune mesure n'est nécessaire  |
| <b>Zone 2</b>   | $138 \text{ m} \leq D < 235 \text{ m}$ | Neoen doit fournir :<br>- un certificat de type garantissant l'intégralité de la conception de l'aérogénérateur ;<br>- un engagement sur la bonne maintenance de la machine et sur les fondations ;<br>- un engagement de prise en charge financière, en cas de chute de l'aérogénérateur, de l'inspection et de la réparation éventuelle de l'ouvrage.   |
| <b>Zone 3</b>   | $D < 138 \text{ m}$                    | Zone interdite sauf étude probabiliste au cas par cas + préconisations demandées en zone 2<br>L'étude de risque devra montrer que, compte-tenu des certificats de qualité de conception, construction et d'exploitation des machines :<br>- l'occurrence d'une chute de la tour de l'éolienne dans une bande de 60 m de part et d'autre du tronçon de canalisation situé en zone 3 reste inférieure à $10^{-6}$ ;<br>- l'occurrence de la réception d'un projectile sur le tronçon de canalisation situé en zone 3 reste inférieure à $10^{-6}$ . |

**Tableau 2 : Plan de zonage pour limiter les effets d'une chute de l'éolienne sur la canalisation de gaz de GRT Gaz (source : GRT Gaz)**

L'éolienne E2 est implantée dans la zone 2, Neoen devra donc fournir les éléments relatifs à la zone 2 cités dans le tableau précédent. Une Déclaration d'Intention de Commencement des Travaux (DICT) devra être réalisée auprès de ce gestionnaire.

➤ Télécommunication

Il n'y a pas de servitude radioélectrique sur le site d'implantation des éoliennes.

**3.2.5. RISQUES TECHNOLOGIQUES – PRESENCE D'ICPE**

Il n'y a pas d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, de site industriel, de mine ou de carrière dans le secteur d'étude.

### 3.3. IDENTIFICATION DES CIBLES

#### 3.3.1. CIBLES HUMAINES

Les habitations les plus proches du secteur d'étude sont situées à plus de 600 m, elles n'ont pas été retenues comme zones sensibles.

#### 3.3.2. CIBLES ENVIRONNEMENTALES

Il n'y pas de zones naturelles sensibles à proximité de la zone d'implantation du projet par conséquent, aucune cible environnementale n'a été identifiée comme à risque vis-à-vis du projet.

#### 3.3.3. CIBLES MATERIELLES

Les infrastructures routières majeures près des éoliennes susceptibles d'être impactées sont une voie communale n°4 (reliant les lieux-dits Pied Faudon – Les Terruches) et des chemins ruraux ou d'accès aux terrains agricoles alentours, les routes départementales alentours étant plus éloignées (voir la figure dans la partie 3.3.4).

| EOLIENNE | VOIES BITUMÉES LES PLUS PROCHES DES EOLIENNES*   |
|----------|--|
| E1       | 850 m de la RD28e  |
| E2       | 1100 m de la RD28e   |
| E3       | <b>290 m de la voie communale n°4 (Pied Faudon – Les Terruches)</b>                                      |
| E4       | <b>400 m de la voie communale n°4 (Pied Faudon – Les Terruches)</b>                                      |
| E5       | 780 m de la voie communale n°4 (Pied Faudon – Les Terruches)<br>890 m de la RD28e                        |
| E6       | 930 m de la RD28e<br>1020 m de la voie communale n°4 (Pied Faudon – Les Terruches)<br>1140 m de la RD926 |

\* Les routes en gras dans le tableau sont les voies présentes dans une zone à moins de 500 m d'une éolienne.

**Tableau 3 : Eloignement des éoliennes par rapport aux routes bitumées les plus proches (source : Neoen Services)**

**Aucune route départementale ne traverse le périmètre d'étude (cf. figure 2).**

Une canalisation de gaz à haute pression exploitée par GRT Gaz passe à proximité des éoliennes E1 et E2 (à moins de 250 m).

3.3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

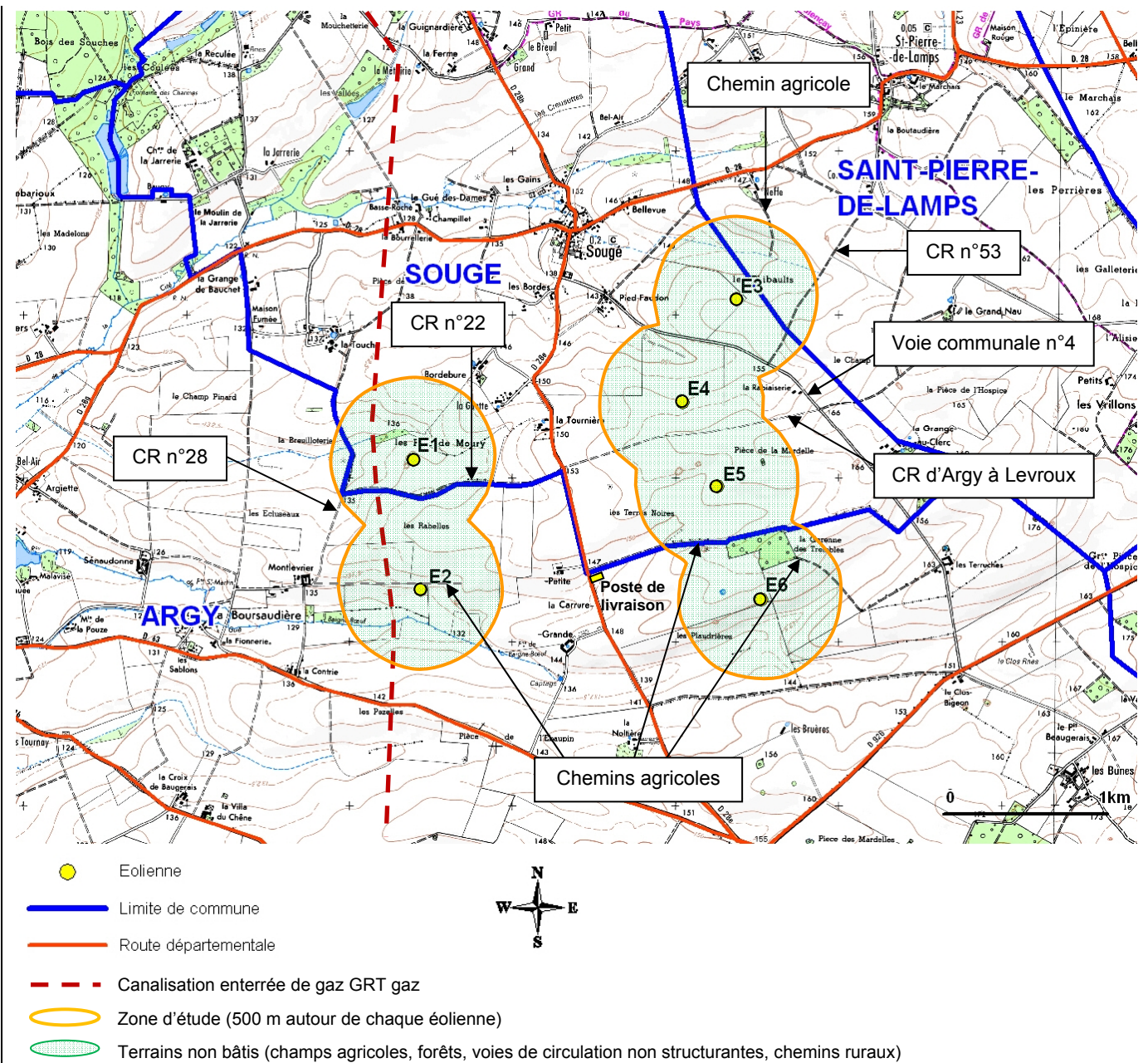


Figure 6 : Cartographie de synthèse des cibles (source : Neoen Services, Apave)

## 4. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

### 4.1. NATURE DES ACTIVITES

Le parc éolien Nord Val de l'Indre a comme activité la production d'électricité à partir de la force motrice du vent. La puissance globale du parc éolien est de 12,3 MW (6 éoliennes de puissance unitaire nominale 2,05 MW).

### 4.2. FONCTIONNEMENT GENERAL DES INSTALLATIONS

#### 4.2.1. NATURE DES INSTALLATIONS

**Les dimensions et le modèle des éoliennes retenues dans le cadre de l'étude de dangers seront de type Repower modèle MM92.**

Ce sont des éoliennes à axe horizontal d'une puissance nominale de 2,05 MW. Elles sont équipées d'un rotor de diamètre **92,5 m**, la hauteur de moyeu atteint **80 m**, soit une hauteur totale pales déployées de 126,25 m. La surface balayée par le rotor est de 6 720 m<sup>2</sup>.

Une éolienne est composée d'un **mât** et d'une **nacelle** contenant les principaux composants pour produire l'énergie électrique, dont la **génératrice** et le **multiplicateur**.

Le personnel de service peut gagner la nacelle par la tour de l'éolienne. A l'extrémité de la nacelle, se trouve le **rotor** de l'éolienne, composé des **pales** et du **moyeu**.

Le vent exerce des forces aérodynamiques sur les pales qui sont alors entraînées en rotation. Celles-ci transfèrent alors une **puissance mécanique** au moyeu du rotor.

Le rotor d'une éolienne Repower MM92 de 2 050 kW tourne à une vitesse minimale de 7,8 tours/minute et à 15 tours/minute en vitesse maximale (la vitesse maximale en bout de pale est de 71 m/s (255 km/h)). La puissance produite par la rotation du rotor d'une éolienne est transmise à la génératrice par toute une **chaîne de transmission de puissance**, c'est-à-dire par l'arbre lent, le multiplicateur et l'arbre rapide. Au niveau du multiplicateur, les échauffements sont réduits par un système de refroidissement de l'huile qui est d'excellente qualité grâce à un système de filtration d'huile à 3 niveaux. L'arbre rapide est muni d'un **frein mécanique** à disque actionné en cas d'urgence, pour prévenir toute panne du système de freinage aérodynamique ou en cas de maintenance de l'éolienne.

Le **système contrôle-commande** comporte un ordinateur qui surveille en permanence l'état de l'éolienne tout en contrôlant le dispositif d'orientation. En cas de défaillance (par exemple, surchauffe du multiplicateur ou de la génératrice), le système arrête automatiquement l'éolienne et le signale à l'ordinateur de l'opérateur de l'éolienne via un réseau de fibre optique.

Le **système d'orientation** utilise des moteurs électriques pour pivoter la nacelle avec le rotor de sorte que celui-ci soit toujours orienté face au vent. Le dispositif d'orientation est opéré par le système contrôle-commande qui enregistre la direction du vent grâce aux signaux émis par la girouette.

Le **système hydraulique** pilote le système de freinage aérodynamique de l'éolienne.

L'**anémomètre** et la **girouette**, placés sur la nacelle, sont utilisés respectivement pour mesurer la vitesse et la direction du vent. Les signaux électroniques émis par l'anémomètre sont utilisés par le système contrôle-commande de l'éolienne pour synchroniser la génératrice de l'éolienne au réseau électrique lorsque la vitesse du vent atteint approximativement 3 m/s, soit environ 11 km/h. De même, le système de commande électronique arrête automatiquement l'éolienne si la vitesse du vent est supérieure à 24 m/s, soit environ 90 km/h. Le système contrôle-commande utilise les signaux de la girouette pour orienter l'éolienne dans le vent à l'aide du dispositif d'orientation.

Les tensions électriques dans les différentes parties de l'installation sont les suivantes :

- Eolienne : Génératrice et convertisseur de 690 V.
- Transformateur : Elévateur de 690 V à 20 kV.
- Câbles souterrains : 20 kV.
- Poste de livraison : Raccordement de la centrale éolienne au réseau de distribution de 20 kV.

Le tableau suivant rassemble des coordonnées géographiques des installations :

| Eoliennes       | Communes | Coordonnées géographiques |                        |             |             | Altitude NGF (mètres) | Hauteur en bout de pale (mètres) |
|-----------------|----------|---------------------------|------------------------|-------------|-------------|-----------------------|----------------------------------|
|                 |          | Lambert II étendu RGF 93  |                        | WGS 84      |             |                       |                                  |
|                 |          | X                         | Y                      | Longitude   | Latitude    |                       |                                  |
| E1              | Sougé    | 534 383<br>583 981        | 2 217 111<br>6 651 170 | 01°28'28" E | 46°57'02" N | 140,5                 | 126,25                           |
| E2              | Argy     | 534 429<br>584 021        | 2 216 319<br>6 650 378 | 01°28'31" E | 46°56'37" N | 135                   | 126,25                           |
| E3              | Sougé    | 536 365<br>585 970        | 2 218 097<br>6 652 138 | 01°30'01" E | 46°57'35" N | 155                   | 126,25                           |
| E4              | Sougé    | 536 033<br>585 633        | 2 217 469<br>6 651 514 | 01°29'46" E | 46°57'14" N | 155                   | 126,25                           |
| E5              | Sougé    | 536 247<br>585 842        | 2 216 950<br>6 650 993 | 01°29'56" E | 46°56'58" N | 157                   | 126,25                           |
| E6              | Argy     | 536 518<br>586 107        | 2 216 257<br>6 650 299 | 01°30'09" E | 46°56'35" N | 150                   | 126,25                           |
| Poste livraison | Argy     | 535 502<br>585 093        | 2 216 407<br>6 650 457 | 01°29'31" E | 46°56'40" N | 150                   | /                                |

**Tableau 4 : Coordonnées géographiques des installations (source : Neoen Services)**

#### 4.2.2. FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS

##### 4.2.2.1. Démarrage

La vitesse de vent de démarrage est de 3 m/s avec un angle de calage de 0°, l'éolienne a ainsi une vitesse de rotation variable selon les vitesses de vent.

##### 4.2.2.2. Exploitation

La régulation de puissance utilise le dispositif "Pitch" (calage électrique variable des pales) et la vitesse de rotation variable selon le mode de fonctionnement :

- à charge partielle (puissance fournie inférieure à la puissance nominale), l'éolienne fonctionne à angle de calage constant mais vitesse de rotation variable (fluctuations du vent) ;
- à charge nominale (puissance fournie supérieure à la puissance nominale), l'éolienne fonctionne à couple nominal constant (fluctuations du vent compensées par angle de calage des pales).

##### 4.2.2.3. Phase d'arrêt

Plusieurs raisons sont à l'origine de l'arrêt des pales :

- vitesse de vent trop importante ou trop faible ;
- défaut machine ;
- inspection ou de maintenance.

Lorsque le vent est trop important (vitesse de vent supérieure à 24 m/s), les éoliennes sont mises à l'arrêt c'est à dire que leur angle de calage atteint le point de décrochage.

Lorsque l'éolienne est à l'arrêt pour opération de maintenance, le rotor est verrouillé manuellement (via le rotor lock) afin de protéger les intervenants.

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>NEOEN</b><br/> <b>PARC EOLIEN NORD VAL DE L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>ETUDE DE DANGERS</b></p> | <p style="text-align: right;">Page 22 sur 102</p> |
|--|--|---|

#### 4.2.3. 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 Nord Val de l'Indre ni dans le poste de livraison. Les principaux produits utilisés (et non stockés) par le parc éolien sont :

- L'huile lubrifiante : environ 500 L au niveau des multiplicateurs de chaque éolienne.
- Les graisses lubrifiantes : environ 20 kg au niveau des différents roulements.
- Le gaz hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) : gaz utilisé comme milieu isolant pour l'isolement des disjoncteurs HT.

#### 4.2.4. SECURITE DES INSTALLATIONS

##### 4.2.4.1. Surveillance à distance – Automate de contrôle et de commande

Les éoliennes sont prévues pour fonctionner de manière autonome, sans présence humaine, à l'aide d'un système de contrôle informatisé intégré. Ce système assure le suivi des différents paramètres (données météorologiques, mécaniques et électriques). En fonction de ces données, il pilote les paramètres de fonctionnement, l'arrêt et le redémarrage de l'éolienne.

La transmission des informations de l'éolienne vers l'automate s'effectue via une fibre optique pour une vitesse de transmission des données optimale et une protection du transfert contre les perturbations électromagnétiques. La chaîne d'arrêt d'urgence est indépendante de l'automate.

##### 4.2.4.2. Système de régulation – Moteurs de calage des pales indépendants

Le freinage des pales est effectué par rotation des pales jusqu'à la position dite en drapeau (90°) (frein aérodynamique principal). Chaque pale possède son propre moteur de calage et jeu de batterie de secours. Le calage d'une seule pale étant suffisant pour réguler la vitesse de l'éolienne, le système de freinage est alors trois fois redondants.

De plus, il est conçu en "fail-safe" c'est à dire que tout dysfonctionnement du système entraîne l'arrêt de l'éolienne.

Ainsi, le contrôle de l'angle de calage des pales a deux finalités : l'optimisation des performances énergétiques de l'éolienne et la mise en sécurité de l'éolienne en la protégeant des rafales de vent ou en l'arrêtant si nécessaire (mise en drapeau).

##### 4.2.4.3. Protection anti-corrosion

Tous les composants sont protégés par revêtement multicouche. Le revêtement de la tour répond aux exigences de la norme ISO 12944.

##### 4.2.4.4. Dispositifs de protection contre la foudre

Les éoliennes Repower MM92 sont équipées d'un système de protection anti-foudre externe via des récepteurs situés sur les pales et un paratonnerre sur le mât météo. La protection des roulements se fait par une déviation précise de la foudre et celle de la génératrice par plots amortisseurs. Les systèmes électriques sont protégés par un coupe-circuit de surtension. De plus, les éoliennes Repower MM92 possèdent un couplage en composite résine et fibre de verre pour l'isolation galvanique entre la génératrice et le multiplicateur.

##### 4.2.4.5. Protection contre la survitesse

En cas de surchauffe de la génératrice ou déconnexion du réseau électrique, le contrôle-commande freinera la rotation du rotor qui commencera à accélérer du fait de la disparition brutale du couple électromagnétique résistant (pour une génératrice asynchrone). Dans un tel cas, il est primordial d'avoir un système de protection contre la survitesse, d'où la présence systématique d'un système de freinage aérodynamique.

Ce système de freinage consiste essentiellement à faire pivoter les pales du rotor d'environ 90° autour de leur axe longitudinal (on parle alors d'une mise en « drapeau » dans le cas d'une éolienne à pas variable).

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>NEOEN</b><br/> <b>PARC EOLIEN NORD VAL DE</b><br/> <b>L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>ETUDE DE DANGERS</b></p> | <p style="text-align: right;">Page 23 sur 102</p> |
|--|--|---|

Le système est conçu pour avoir une priorité à la mise en sécurité de l'éolienne (actionné par des ressorts) en cas de coupure du courant électrique ou de chute de pression du système hydraulique de l'éolienne. Une fois la cause de la panne disparue, le système hydraulique de l'éolienne remet en place les pales ou les extrémités des pales.

L'expérience a démontré que les systèmes de freinage aérodynamiques sont extrêmement sûrs. Ainsi, ils arrêtent l'éolienne en moins de quelques rotations au maximum. De plus, un tel système permet de freiner l'éolienne avec douceur sans trop de contraintes et fatigue de la tour et de la machinerie.

#### *4.2.4.6. Système mécanique de freinage*

Le frein mécanique est également systématiquement présent dans une éolienne et employé comme réserve pour le système de freinage aérodynamique en cas de défaillance et comme frein d'immobilisation du rotor éolien (en cas d'entretien, par exemple). Sur les éoliennes Repower MM92, le frein à disque est surdimensionné pour un arrêt du rotor en toute sécurité. De plus, la fonction de freinage est étagée pour limiter les surcharges.

#### *4.2.4.7. Protection en cas de givre*

Afin d'éviter la projection de glace et pour garantir un fonctionnement sûr des installations, les constructeurs mettent en place des systèmes de contrôle du givre. L'éolienne peut, notamment, être arrêtée suivant les alertes suivantes (conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011) : courbe de puissance (perturbation de la portance des pales), vibrations (oscillations importantes liées aux charges supplémentaires sur les pales), anémomètre (comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels).

#### *4.2.4.8. Protection contre l'intrusion*

L'accès aux installations électriques aux principaux composants mécaniques des éoliennes et aux produits dangereux est verrouillé (conformément à l'article 13 de l'arrêté du 26 août 2011).

#### *4.2.4.9. Balisage aviation*

Conformément à l'article 11 de l'arrêté du 26 août 2011, chaque éolienne est équipée d'un balisage lumineux disposé sur la nacelle. C'est un système de balisage clignotant bicolore (blanc en période diurne et rouge en période nocturne).

### **4.2.5. OPERATIONS D'ENTRETIEN ET DE MAINTENANCE**

Une visite annuelle d'entretien permettra d'effectuer un certain nombre d'opérations de vérification et d'entretien sur les éoliennes. Ces opérations incluent des contrôles visuels, serrages, graissages, changement d'huile, vérification de niveaux, test des systèmes de sécurité, remplacement des charbons des collecteurs, mesures de niveau d'isolement électrique, etc... D'autres visites de réglages et de petit entretien sont également prévues plus fréquemment (conformes aux articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011).

L'ensemble des procédures d'entretien et de maintenance sont définies de manière très stricte et rigoureuse par le concepteur suivant un calendrier imposé par les fabricants de composants (conformément à l'article 19 de l'arrêté du 26 août 2011).

Le fonctionnement des éoliennes est surveillé en permanence par télémaintenance.

## **4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION**

### **4.3.1. RESEAUX ELECTRIQUES**

L'alimentation électrique des éoliennes est nécessaire pour le fonctionnement de certains équipements (moteurs d'orientation de la nacelle, ventilateurs...), l'excitation de la génératrice, le contrôle commande et l'éclairage.

L'énergie électrique est fournie par le réseau électrique public (une liaison) ou par l'éolienne elle-même. La liaison au réseau public fonctionne en alimentation du réseau lors du fonctionnement de l'éolienne et en retour depuis le réseau lors des phases d'arrêt.

|   |                         |                 |
|---|-------------------------|-----------------|
| <b>NEOEN</b><br><b>PARC EOLIEN NORD VAL DE</b><br><b>L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b> | <b>ETUDE DE DANGERS</b> | Page 24 sur 102 |
|---|-------------------------|-----------------|

#### 4.3.2. RESEAUX D'EAUX ET DE GAZ

Hormis le réseau électrique, les éoliennes ne sont pas raccordées à d'autres réseaux publics (eau, effluents ou gaz).

#### 4.4. DECOUPAGE FONCTIONNEL DE L'INSTALLATION

Le vent, en exerçant une force sur les pales de l'éolienne les fait tourner, ; la rotation du rotor entraînant alors une génératrice électrique, il y a transfert de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.

Les étapes de transformation de l'énergie éolienne en énergie électrique sont les suivantes :

- Transformation de l'énergie par les pales : la force aérodynamique permet de mettre en mouvement le rotor par la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique.
- L'accélération du mouvement de rotation grâce au multiplicateur : la rotation des pales étant relativement lente (15 tr/min maximum), il est nécessaire d'accélérer le mouvement du rotor par un multiplicateur pour que la génératrice puisse produire de l'électricité.
- La production d'électricité par le générateur : l'énergie mécanique transmise par le multiplicateur est transformée en énergie électrique par le générateur. Le rotor du générateur tourne à grande vitesse et produit de l'électricité à une tension d'environ 690 volts.
- Le traitement de l'électricité par le convertisseur et le transformateur : l'électricité produite est ensuite traitée grâce à un convertisseur, puis sa tension est augmentée à 20 000 Volts par un transformateur. L'électricité est alors acheminée à travers un câble enterré jusqu'à un poste de transformation, pour être injectée sur le réseau électrique, puis distribuée.

Un anémomètre et une girouette placés sur la nacelle commandent le fonctionnement de l'éolienne. La girouette permet l'orientation de l'éolienne face au vent. Si le vent tourne, la nacelle et le rotor se positionnent pour être à nouveau face au vent.

Lorsque le vent est suffisant (à partir d'environ 3 m/s), l'éolienne peut être couplée au réseau électrique et produire de l'électricité. Suivant la force du vent, la vitesse de rotation varie tout au long de la période de production.



## 5. ANALYSE DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

### 5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

#### 5.1.1. DANGERS INTRINSEQUES LIES AUX PRODUITS

Les principaux produits utilisés par le parc éolien sont l'huile lubrifiante (de type Mobil Gear SHC XMP 320) à raison d'environ 500 L au niveau des multiplicateurs de chaque éolienne et le SF<sub>6</sub> pour l'isolement des disjoncteurs HT.

| PRODUIT                | ETIQUETAGE        |          |          | POINT ECLAIR (°C) | TEMPERATURE D'AUTO-INFLAMMATION (°C) | LIMITE INFERIEURE D'INFLAMMABILITE (% EN VOL) | LIMITE SUPERIEURE D'INFLAMMABILITE (% EN VOL) | DONNEES COMPLEMENTAIRES  |                       |                               |                               |                  | SOURCE DE DONNEES |
|------------------------|-------------------|----------|----------|-------------------|--------------------------------------|---|---|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|
|                        | SYMBOLE DE DANGER | PHRASE R | PHRASE S |                   |                                      |   |   | DENSITE                  | SOLUBILITE DANS L'EAU | TEMPERATURE D'EBULLITION (°C) | TENSION DE VAPEUR             | INCOMPATIBILITES |                   |
| Mobil Gear SHC XMP 320 | Aucun             | Aucune   | Aucune   | 205°C             | Non déterminé                        | 0,9   | 7,0   | 0,86 (15,6°C)            | Négligeable           | > 316°C                       | < 0.013 kPa (0,1 mmHg) à 20°C | Oxydants forts   | FDS Exxon Mobil   |
| SF <sub>6</sub>        | Aucun             | Aucune   | Aucune   | Non applicable    | Non applicable                       | Non inflammable                               | Non inflammable                               | gaz : 5<br>liquide : 1,4 | 41 mg/l               | -64 °C                        | 21 bar à 20°C                 | Aucune           | FDS Air Liquide   |

**Tableau 5 : Dangers liés aux produits (source : FDS produits)**

#### 5.1.2. INTERACTIONS CHIMIQUES DANGEREUSES POSSIBLES AVEC LES AUTRES PRODUITS PRESENTS SUR LE SITE (INCOMPATIBILITES)

Aucune incompatibilité ou interaction chimique n'est à envisager.

### 5.1.3. DANGERS LIES A LA MISE EN ŒUVRE DES PRODUITS

Les principaux phénomènes dangereux liés à la mise en œuvre d'huiles (combustibles liquides) sont principalement :

- la pollution des sols et des eaux souterraines par déversement accidentel ;
- l'incendie / produits d'obtention engendrés par la décomposition thermique.

| TYPE D'EMPLOI                       | LOCALISATION         | PRODUITS          | QUANTITE/FLUX | PHASE DE FONCTIONNEMENT                       | PHENOMENE DANGEREUX (PHD)                  |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------|---|--|
| Lubrification des pièces mécaniques | Machinerie / nacelle | Huile lubrifiante | 500 L         | Anormale<br>Chute éolienne<br>Bris machinerie | Déversement d'huile dans le milieu naturel |
|                                     |                      |                   |               | Anormale<br>Echauffement                      | Incendie de combustibles                   |
| Isolement des disjoncteurs          | Poste transformateur | SF <sub>6</sub>   | /             | Anormale                                      | Émission à l'atmosphère (quantité limitée) |

**Tableau 6 : Mise en œuvre des produits (source : Apave)**

### 5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien Nord Val de l'Indre 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 :

| COMPOSANT MIS EN JEU                              | PHASE DE FONCTIONNEMENT             | PHENOMENE DANGEREUX  |
|---|-------------------------------------|--|
| Eolienne  | Marche / Arrêt                      | Effondrement ou rupture de mat ou chute de la nacelle / du rotor |
| Pales du rotor                                    | Marche / Arrêt                      | Projection d'une pale ou d'un bout de pale<br>Chute de pale      |
| Rotor   | Arrêt / Démarrage<br>Période de gel | Projection de glace, d'objets                                    |
| Nacelle   | Marche / Arrêt<br>Entretien         | Déversement accidentel d'huile de lubrification                  |
|   |                                     | Incendie d'huile   |
|   |                                     | Chute d'éléments   |
| Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur | Marche / Arrêt                      | Court-circuit interne<br>Incendie                                |
| Mât / Pales                                       | Marche / Arrêt                      | Foudroiement   |

**Tableau 7 : Phénomènes dangereux liés à l'installation (source : Apave)**

## **6. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS**

### **6.1. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS**

Pour toute opération de maintenance, tous les produits entrants sont évacués à son issue :

- les excédents sont systématiquement emportés par les équipes en fin de journée (que la maintenance soit terminée ou non) afin d'être stockés dans les centres de maintenance de façon appropriée en vue de leur élimination selon la réglementation ;
- les pièces défectueuses remplacées sont également emportées par les équipes afin d'être stockées dans les centres de maintenance de façon appropriée en vue de leur élimination selon la réglementation ;
- les déchets dangereux (chiffons souillés, contenants vides...) générés lors des maintenances sont systématiquement emportés par les équipes en fin de journée afin d'être stockés dans les centres de maintenance de façon appropriée en vue de leur élimination selon la réglementation.

Par ailleurs, un nettoyage minutieux de la machine est opéré après chaque maintenance afin de s'assurer qu'aucun produit / déchet ne reste dans la machine lors du départ des équipes.

Il est à noter que l'huile du multiplicateur est remplacée régulièrement (tous les 3 ans ou après analyse d'huile). L'huile usagée est récupérée par un véhicule de pompage spécialisé directement dans le multiplicateur. L'huile neuve est injectée de la même manière.

L'huile récupérée est ensuite transportée :

- directement au centre de traitement d'entreprise de filtrage / retraitement / élimination agréés au regard de la réglementation applicable

ou

- directement dans les centres de maintenance en vue de sa prise en charge et de son filtrage / retraitement / élimination dans des entreprises agréées au regard de la réglementation applicable.

### **6.2. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES A L'ACTIVITE DE L'INSTALLATION**

#### **6.2.1. NORMES APPLICABLES**

Les normes de référence applicables et appliquées aux machines sont les suivantes (liste non exhaustive) conformément aux articles 8 et 9 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation sous la rubrique 2980) :

- EN ISO 12100-1 Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 1: Basic terminology, methodology
- EN ISO 12100-2 Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 2: Technical principles
- EN 50308 Wind turbines - Protective measures - Requirements for design, operation and maintenance
- IEC 61400-1 Wind turbine generator systems - Part 1: Safety requirements
- EN ISO 14121-1 Safety of machinery - Risk assessment - Part 1: Principles
- EN 61000-6-2 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments
- EN 61000-6-4 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments
- IEC 61400-21 Wind turbines - Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
- IEC/TR 61400-24 Wind turbine generator systems - Part 24: Lightning protection
- EN 50110-1 Operation of electrical installations
- DIN VDE 0100 / IEC 60364 Low-voltage electrical installations
- EN 60664-1 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles, requirements and tests
- EN 60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP code)
- EN 60204-1 Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements
- EN 60204-11 Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1000 V a.c. or 1500 V d.c and not exceeding 36 kV
- EN 60947 Low-voltage switchgear and controlgear

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>NEOEN</b><br/> <b>PARC EOLIEN NORD VAL DE L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>ETUDE DE DANGERS</b></p> | <p style="text-align: right;">Page 28 sur 102</p> |
|--|--|---|

- EN 60439-1 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies
- EN 60034 Rotating electrical machines
- EN 60076 Power transformers
- EN 61936 Power installations exceeding 1 kV a.c. Part 1: Common rules
- EN 62271-200 High-voltage switchgear and controlgear - Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

Conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011, les installations électriques internes à l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 et les installations électriques extérieures sont conformes aux normes NFC 15-100 (version 2008), NFC 13-100 (version 2001) et NFC 13-200 (version 2009).

### 6.2.2. EFFONDREMENT D'EOLIENNE ET PROJECTION DE PALES

Dans le cas du modèle d'éolienne du projet, les caractéristiques techniques fournies par le constructeur sont les suivantes :

- ensemble des composants de la tour traités contre la corrosion conforme à la norme DIN EN ISO 12944 ;
- certification de la conception et de la réalisation des éoliennes selon les normes citées précédemment.

La conception des massifs de fondations constitue un élément stratégique pour limiter le risque de chute d'éolienne même si l'attachement n'est pas la seule cause possible de chute.

Une étude de sol permettra de définir les besoins spécifiques de ces massifs et cette étude fera partie du cahier des charges de l'entreprise en charge de la réalisation des travaux.

Des réceptions seront réalisées à chaque étape stratégique des travaux (réception des fondations, de l'éolienne...).

Un contrôle de conformité du montage sera également mis en place à la fin du chantier pour s'assurer de sa bonne réalisation et de l'absence de risque particulier d'effondrement de l'éolienne.

Les interventions de maintenance sont réalisées par les équipes de Neoen ou par sous-traitance auprès des équipes dédiées du constructeur de l'éolienne (notamment pendant la première année sous garantie) et comprennent des contrôles de la structure. Dans ce dernier cas, un plan de prévention est systématiquement établi.

Dans le cas du type d'éolienne prévu pour le projet à savoir des MM92 Repower, la conception et la construction des machines sont certifiées suivant les référentiels en vigueur.

Ces machines présentent de nombreuses caractéristiques de réduction des risques à la source. Les opérations de maintenance comprennent à la fois des interventions à proprement parler (renouvellement de pièces, d'huiles...) et des contrôles de l'état de la machine.

Ces mesures techniques prises par les constructeurs et mises en œuvre par l'exploitant permettent d'apporter les meilleures garanties possibles quant à la maîtrise des risques propres aux éoliennes (comportement des structures dans le temps, risques électriques ...).

### 6.2.3. PROJECTION DE GLACE

Dans le cas du type d'éolienne prévu pour le projet, à savoir des MM92 REpower, les caractéristiques techniques fournies par le constructeur et visant à maîtriser ce risque de projection de glace sont les suivantes :

- Utilisation de courbes différentielles de production : la présence de glace modifie fortement la performance de la turbine. Cette modification est suivie en permanence par le système de contrôle d'exploitation et comparée avec la courbe habituelle. Tout dépassement d'un seuil prédéfini dans ce domaine permet d'identifier l'apparition de glace et d'arrêter la machine.
- Suivi des vibrations : de la même manière, l'accumulation de glace entraîne un accroissement des vibrations sur l'éolienne. Ce paramètre est également suivi par la télégestion. De la même façon, tout accroissement de vibrations de la tour au-delà d'un seuil prédéterminé entraîne l'arrêt de la machine.
- Suivi des anémomètres : deux anémomètres sont en place sur les éoliennes. L'un d'entre eux est chauffé, l'autre non. Si l'anémomètre non chauffé gèle, ce paramètre est détecté et déclenche l'arrêt automatique de la machine.

|   |                         |                 |
|---|-------------------------|-----------------|
| <b>NEOEN</b><br><b>PARC EOLIEN NORD VAL DE</b><br><b>L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b> | <b>ETUDE DE DANGERS</b> | Page 29 sur 102 |
|---|-------------------------|-----------------|

#### 6.2.4. INCENDIE

Les mesures de protection contre les incendies au sein des éoliennes sont les suivantes :

- protection contre la foudre ;
- systèmes électriques conformes aux normes applicables ;
- présence d'extincteurs ABC dans la nacelle ;
- présence d'extincteurs CO2 dans la base de la tour.

En phase d'exploitation :

- entretien et contrôle annuel des moyens d'extinction présents ;
- les services de secours sont systématiquement informés de la création des fermes éoliennes. Le dossier d'instruction leur est soumis et les pistes d'accès sont adaptées à l'intervention des moyens et véhicules de secours. Les pompiers réalisent également des exercices d'intervention sur les éoliennes de manière à disposer d'équipes compétentes, formées et capables d'intervenir sur ce type d'accidents,
- enfin, les postes de transformation se trouvent à l'extérieur des éoliennes ce qui réduit fortement le risque d'incendie au sein de la machine.

#### 6.2.5. REcul AUX HABITATIONS

Un recul de 500 m minimum est aujourd'hui obligatoire par rapport aux zones habitées ou vouées à l'habitat (loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement). Les éoliennes du projet Nord Val de l'Indre sont implantées à plus de 600 m des habitations, ce recul apparaît suffisant pour supprimer tout risque pour les zones habitées riveraines aux éoliennes.

#### 6.2.6. REcul AUX ROUTES

Un recul supérieur à la hauteur totale des éoliennes a été respecté par rapport aux axes routiers les plus fréquentés (routes départementales). Cette distance permet de réduire les risques liés à la chute d'une éolienne.

Les éoliennes ont également été disposées de manière à ne pas surplomber les axes secondaires (routes et chemins communaux) afin d'éviter tout risque de chute d'éoliennes ou de glace lorsque les éoliennes sont à l'arrêt.

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>NEOEN</b><br/> <b>PARC EOLIEN NORD VAL DE L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>ETUDE DE DANGERS</b></p> | <p style="text-align: right;">Page 30 sur 102</p> |
|--|--|---|

## 7. RETOUR D'EXPERIENCE

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature 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 VIII. pour l'analyse détaillée des risques.

### 7.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004),
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable (dernière consultation : 18/10/2012),
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éolien (dernière consultation : 18/10/2012),
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » (dernière consultation : 18/10/2012),
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » (dernière consultation : 18/10/2012),
- Articles de presse divers,
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

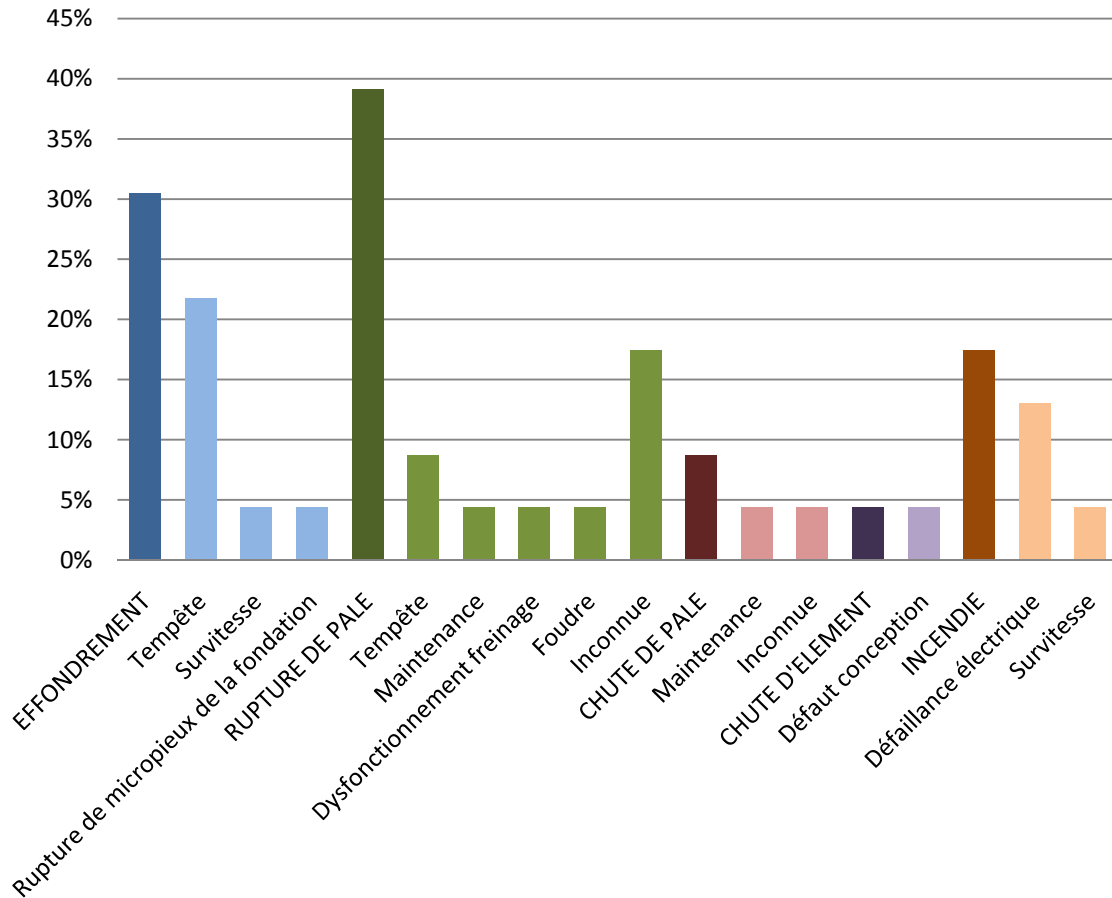
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble 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**



**Figure 7 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011 (source : guide INERIS)**

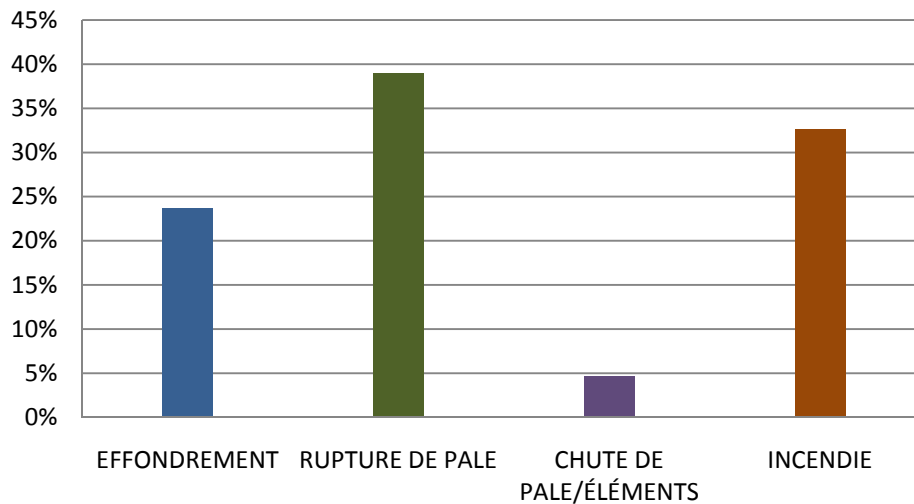
Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

**7.2. 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.

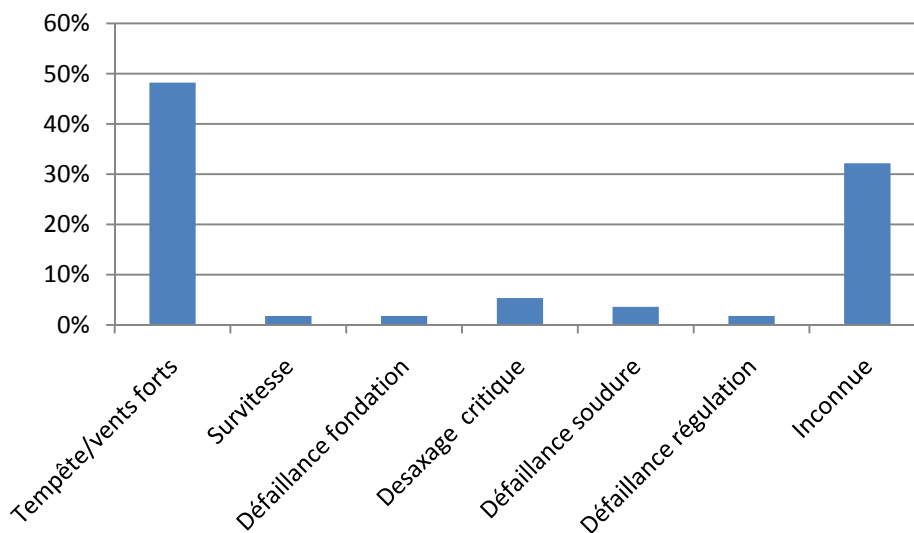
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des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

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



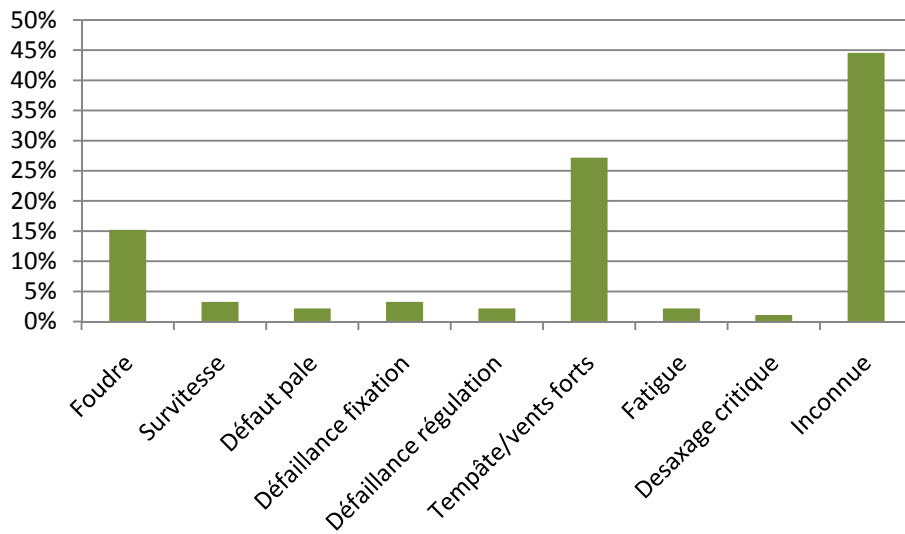
**Figure 8 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : guide INERIS)**

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).

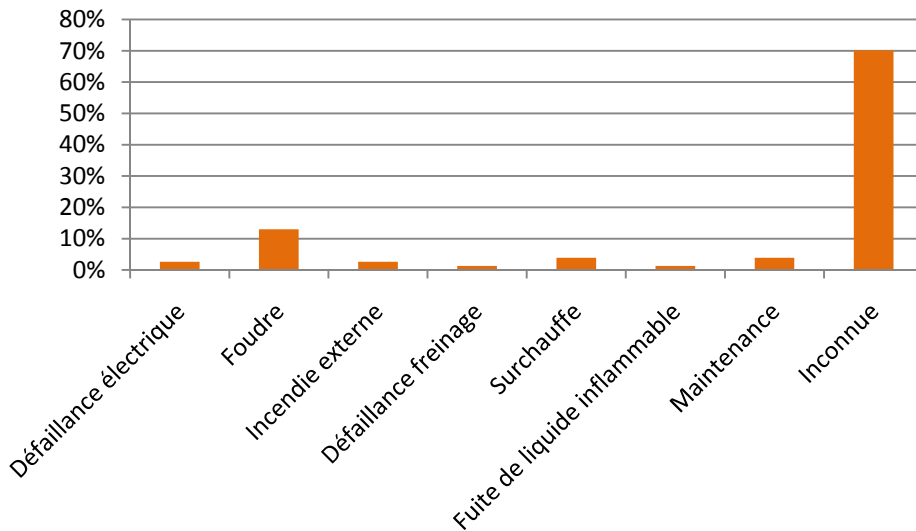


**Figure 9 : Répartition des causes premières d'effondrement (source : guide INERIS)**





**Figure 10 : Répartition des causes premières de rupture de pale (source : guide INERIS)**



**Figure 11 : Répartition des causes premières d'incendie (source : guide INERIS)**

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.

### 7.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Le projet éolien Nord Val de l'Indre est un projet neuf.

## 8. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES



**Cette partie a totalement été refondue en suivant la méthodologie du « guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de l'INERIS.**

### 8.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'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.

### 8.2. 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.

### 8.3. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

#### 8.3.1. AGRESSIONS 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                           | E5 | E6 |
| Voies de circulation   | Transport                | Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules | Energie cinétique des véhicules et flux thermiques | 200 m     | /   | 60 m d'un chemin agricole | /  | 195 m du CR d'Argy à Levroux | /  | /  |
| Aérodrome              | Transport aérien         | Chute d'aéronef   | Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique     | 2000 m    | /   | /                         | /  | /                            | /  | /  |
| Ligne THT              | Transport d'électricité  | Rupture de câble  | Arc électrique, surtensions                        | 200 m     | /   | /                         | /  | /                            | /  | /  |
| Autres aérogénérateurs | Production d'électricité | Accident générant des projections d'éléments                      | Energie cinétique des éléments projetés            | 500 m     | /   | /                         | /  | /                            | /  | /  |

**Tableau 8 : Agressions externes liées aux activités humaines (source : guide INERIS, Neoen Services)**

### 8.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

| Agression externe                               | Intensité   |
|---|---|
| <b>Vents et tempête</b>                         | Rafale de vent maximale centennale sur le site (cf. § sur le climat de l'analyse de l'état initial du site, méthode de Gumbel) : 40,9 m/s<br>Risque « Tempête » non identifié sur les communes d'implantation du projet       |
| <b>Foudre</b>                                   | Respect de la norme IEC 61 400-24   |
| <b>Glissement de sols/ affaissement miniers</b> | → Aucun mouvement de terrains recensé à proximité de la zone d'étude<br>→ Aléa retrait/gonflement des argiles nul à faible sur la zone d'implantation du projet<br>→ Aucune cavité souterraine à proximité de la zone d'étude |

**Tableau 9 : Agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : guide INERIS)**

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

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.

### 8.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience 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 |
|--|--|---|---|--|---|----------------------------------|
| <b>Scénarios concernant la glace (G)</b>   |  |   |   |  |   |                                  |
| <b>G01</b>                                 | 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                                |
| <b>G02</b>                                 | 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                                |
| <b>Scénarios concernant l'incendie (I)</b> |  |   |   |  |   |                                  |
| <b>I01</b>                                 | Humidité / Gel   | Court-circuit                                       | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir les courts-circuits (N°5)   | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie  | 2                                |
| <b>I02</b>                                 | Dysfonctionnement électrique   | Court-circuit                                       | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir les courts-circuits (N°5)   | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie  | 2                                |
| <b>I03</b>                                 | Survitesse   | Echauffement des parties mécaniques et inflammation | Incendie de tout ou partie de l'éolienne                    | Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)<br>Prévenir la survitesse (N°4) | Chute/projection d'éléments enflammés<br>Propagation de l'incendie  | 2                                |
| <b>I04</b>                                 | 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<br>Propagation de l'incendie  | 2                                |
| <b>I05</b>                                 | Conditions climatiques humides   | Surtension  | Court-circuit   | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7)                  | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF <sub>6</sub> )<br>Propagation de l'incendie | 2                                |
| <b>I06</b>                                 | Rongeur  | Surtension  | Court-circuit   | Prévenir les courts-circuits (N°5)<br>Protection et intervention incendie (N°7)                  | Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF <sub>6</sub> )<br>Propagation de l'incendie | 2                                |
| <b>I07</b>                                 | Défaut d'étanchéité  | Perte de confinement                                | Fuites d'huile isolante                                     | Prévention et rétention des fuites (N°8)   | Incendie au poste de transformation<br>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 |
|---|---|--|-----------------------------------|--|---|----------------------------------|
| <b>Scénarios concernant les fuites (F)</b>                        |   |  |                                   |  |   |                                  |
| <b>F01</b>  | Fuite système de lubrification<br>Fuite convertisseur<br>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                                |
| <b>F02</b>  | 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                                |
| <b>Scénarios concernant la chute d'éléments de l'éolienne (C)</b> |   |  |                                   |  |   |                                  |
| <b>C01</b>  | Défaut de fixation  | Chute de trappe  | Chute d'élément de l'éolienne     | Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)   | Impact sur cible                        | 1                                |
| <b>C02</b>  | 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                                |
| <b>C03</b>  | 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                                |
| <b>Scénarios concernant les risques de projection (P)</b>         |   |  |                                   |  |   |                                  |
| <b>P01</b>  | Survitesse  | Contraintes trop importante sur les pales  | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la survitesse (N°4)   | Impact sur cible                        | 2                                |
| <b>P02</b>  | Fatigue Corrosion   | Chute de fragment de pale  | Projection de tout ou partie pale | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)   | Impact sur cible                        | 2                                |
| <b>P03</b>  | Serrage inapproprié<br>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                                |
| <b>Scénarios concernant les risques d'effondrement (E)</b>        |   |  |                                   |  |   |                                  |
| <b>E01</b>  | 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                                |
| <b>E02</b>  | Glissement de sol   | Agression externe et fragilisation structure                                       | Effondrement éolienne             | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |

| N°         | Evénement initiateur                 | Evénement intermédiaire                      | Evénement redouté central | Fonction de sécurité (intitulé générique)  | Phénomène dangereux                     | Qualification de la zone d'effet |
|------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|---|----------------------------------|
| <b>E05</b> | 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                                |
| <b>E06</b> | 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                                |
| <b>E07</b> | Vents forts                          | Défaillance fondation                        | Effondrement éolienne     | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)<br>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11) | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |
| <b>E08</b> | Fatigue                              | Défaillance mât                              | Effondrement éolienne     | Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)   | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |
| <b>E9</b>  | 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)<br>Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)                                    | Projection/chute fragments et chute mât | 2                                |

**Tableau 10 : Analyse des risques générique (source : guide INERIS)**

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 2.

## 8.5. 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 générique présenté ci-dessus. De plus, le poste de livraison est à plus de 500 m des éoliennes.

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. De plus, aucune installation ICPE ne situe à moins de 100 m d'une éolienne du parc de Nord Val de l'Indre.

## 8.6. 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 parc de Nord Val de l'Indre. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des 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.

**Tableau 11 : Fonctions de sécurité (source : guide INERIS, Repower)**

| <b>Fonction de sécurité</b> | <b>Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace</b>   | <b>N° de la fonction de sécurité</b> | <b>1</b> |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|----------|
| <b>Mesures de sécurité</b>  | Système de détection de la formation de glace sur la nacelle (sonde vibratoire).<br>Procédure adéquate de redémarrage.   |                                      |          |
| <b>Description</b>          | <p><u>Détection de la glace et du givre</u> :</p> <p>Chaque aérogénérateur REpower est équipé en standard d'un système de détection redondant et correspondant à l'état de l'art (qui a été certifié par le bureau de contrôle TÜV Nord) qui permet efficacement de détecter la présence de givre aussi bien sur une éolienne en rotation que sur une éolienne à l'arrêt.</p> <p>Les trois méthodes redondantes de détection utilisées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température).</li> <li>- Analyse de données de fonctionnement de l'éolienne, le dépôt de givre modifiant le profil aérodynamique de la pale et impactant par conséquent la production électrique de la machine.</li> <li>- Système de mesure des oscillations et des vibrations qui sont causées par le balourd provoqué par la formation de glace sur les pales qui peuvent, en cas extrême, déclencher un arrêt d'urgence (intégré dans la chaîne de sécurité de l'éolienne, cf fonction de sécurité « survitesse » ci-après).</li> </ul> <p>Ces trois méthodes sont associées à l'envoi de codes d'état et d'information via le système SCADA.</p> <p>En cas de détection de glace, l'aérogénérateur est automatiquement mis à l'arrêt.</p> <p>Le redémarrage peut se faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- soit automatiquement après disparition des conditions de givre (lorsque le système de détection conclue à l'absence de glace) ;</li> <li>- soit manuellement sur site, au terme d'une inspection visuelle concluant à l'absence de glace sur l'aérogénérateur.</li> </ul> <p>Tous les arrêts et redémarrages des éoliennes sont enregistrés et répertoriés dans le système SCADA.</p> |                                      |          |
| <b>Indépendance</b>         | Oui. Le système se base sur trois procédés de détections, dont deux indépendants. Ces procédés fonctionnent en redondance.   |                                      |          |
| <b>Temps de réponse</b>     | Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011  |                                      |          |
| <b>Efficacité</b>           | 100% dans le temps de réponse ci-dessus  |                                      |          |
| <b>Tests</b>                | Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne   |                                      |          |
| <b>Maintenance</b>          | Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement   |                                      |          |

| <b>Fonction de sécurité</b> | <b>Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace</b>   | <b>N° de la fonction de sécurité</b> | <b>2</b> |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|----------|
| <b>Mesures de sécurité</b>  | Panneautage en pied de machine<br>Eloignement des zones habitées et fréquentées  |                                      |          |
| <b>Description</b>          | 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). REpower suggère des distances minimales autour de chaque aérogénérateur au-delà desquelles les risques deviennent faibles et au niveau desquels un marquage adéquat (panneau avertisseurs notamment) est demandé. Pour le modèle prévu pour le parc éolien de Nord Val de l'Indre, cette distance est de 260 m. |                                      |          |
| <b>Indépendance</b>         | Oui  |                                      |          |
| <b>Temps de réponse</b>     | Non Applicable   |                                      |          |
| <b>Efficacité</b>           | 100%<br>Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.   |                                      |          |
| <b>Tests</b>                | Non Applicable   |                                      |          |
| <b>Maintenance</b>          | Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.  |                                      |          |

| <b>Fonction de sécurité</b> | <b>Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques</b>   | <b>N° de la fonction de sécurité</b> | <b>3</b> |
|-----------------------------|---|--------------------------------------|----------|
| <b>Mesures de sécurité</b>  | Capteurs de température des pièces mécaniques<br>Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes<br>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement  |                                      |          |
| <b>Description</b>          | Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne.<br>En cas de dépassement de seuils (caractéristiques sur chaque type d'aérogénérateur, type de composant et prédéfinis), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine.<br>Tout phénomène anormal est ainsi automatiquement répertorié, tracé via le système SCADA du parc et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés. |                                      |          |
| <b>Indépendance</b>         | Oui   |                                      |          |
| <b>Temps de réponse</b>     | <30s  |                                      |          |
| <b>Efficacité</b>           | 100%  |                                      |          |
| <b>Tests</b>                | Vérification à chaque maintenance de la cohérence des valeurs des capteurs dédiés   |                                      |          |
| <b>Maintenance</b>          | 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.   |                                      |          |

| <b>Fonction de sécurité</b> | <b>Prévenir la survitesse</b>   | <b>N° de la fonction de sécurité</b> | <b>4</b> |
|-----------------------------|---|--------------------------------------|----------|
| <b>Mesures de sécurité</b>  | Détection de survitesse et système de freinage.   |                                      |          |
| <b>Description</b>          | <p>Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande</p> <p>Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal et d'un frein mécanique auxiliaire.</p> <p>Le frein aérodynamique est assuré par trois pales de l'éolienne, chacune équipée de contrôleurs indépendants, de moteurs de calage et d'alimentation de secours, assurant un niveau élevé de redondance. Le freinage aérodynamique devient effectif en pivotant les pales jusqu'à la position dite en drapeau, avec la possibilité d'obtenir différentes vitesses de calage pour éviter les efforts trop importants. Chaque système de calage est complètement indépendant. En cas de perte de réseau, les moteurs de calage sont alimentés par des jeux d'accumulateurs. La force de freinage liée au réglage d'une seule pale est suffisante pour ralentir l'éolienne à une vitesse sécurisée. Le système de freinage est donc trois fois redondant.</p> <p>Le système de freinage du rotor mécanique est installé sur l'arbre rapide. Il est activé en cas de défaillance partielle ou totale des systèmes de sécurité principaux et arrête le rotor conjointement au système de réglage des pales. Il est également utilisé pour immobiliser le rotor une fois celui-ci arrêté par le système de freinage aérodynamique afin de sécuriser les opérations de maintenance.</p> <p>Le système de freinage est conçu pour remplir la fonction « fail safe ». Cela signifie qu'en cas de dysfonctionnement d'un composant du système, l'éolienne est arrêtée en toute sécurité.</p> <p>Des systèmes de coupure au niveau du rotor et au niveau du multiplicateur s'enclenchant en cas de dépassement de seuils de vitesse prédéfinis sont directement intégrés à la chaîne de sécurité de l'aérogénérateur.</p> <p>La chaîne de sécurité de l'aérogénérateur est un circuit à câblage direct dans lequel tous les contacts sont couplés en série pour déclencher un arrêt d'urgence, indépendamment du bon fonctionnement du système de contrôle commande.</p> <p>Lorsque la chaîne de sécurité est interrompue, l'éolienne s'arrête immédiatement. La remise en marche n'est admissible que si la cause qui a entraîné son déclenchement a été éliminée.</p> <p>A ce jour, REpower ne recense aucun cas d'entrée en survitesse d'un de ses aérogénérateurs.</p> |                                      |          |
| <b>Indépendance</b>         | Oui   |                                      |          |
| <b>Temps de réponse</b>     | <p>Arrêt immédiat (&lt;10s)</p> <p>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.</p>   |                                      |          |
| <b>Efficacité</b>           | 100%  |                                      |          |
| <b>Tests</b>                | 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.  |                                      |          |
| <b>Maintenance</b>          | <p>Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.)</p> <p>Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.</p>  |                                      |          |

| <b>Fonction de sécurité</b> | <b>Prévenir les courts-circuits</b>   | <b>N° de la fonction de sécurité</b> | <b>5</b> |
|-----------------------------|---|--------------------------------------|----------|
| <b>Mesures de sécurité</b>  | Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.   |                                      |          |
| <b>Description</b>          | <p>Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés.</p> <p>Tout déclenchement ou fonctionnement anormal des composants électriques donne lieu à l'envoi de codes d'état et, le cas échéant, d'alarmes via le système SCADA.</p> <p>Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement, serrage des câbles sont intégrés dans les procédures de maintenance préventive mises en œuvre.</p> |                                      |          |
| <b>Indépendance</b>         | Oui   |                                      |          |
| <b>Temps de réponse</b>     | De l'ordre de la seconde  |                                      |          |
| <b>Efficacité</b>           | 100%  |                                      |          |
| <b>Tests</b>                | /   |                                      |          |
| <b>Maintenance</b>          | <p>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.</p> <p>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.</p>   |                                      |          |

| <b>Fonction de sécurité</b> | <b>Prévenir les effets de la foudre</b>  | <b>N° de la fonction de sécurité</b> | <b>6</b> |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|----------|
| <b>Mesures de sécurité</b>  | Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.  |                                      |          |
| <b>Description</b>          | <p>L'éolienne est pourvue d'une installation de protection anti-foudre et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61024-1 II. La foudre est capturée par des récepteurs dans les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât via des contacts glissants et des éclateurs au niveau du moyeu et du châssis de la nacelle. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation.</p> <p>Globalement, l'aérogénérateur REpower est de Classe de Protection Foudre 1 (LPC 1). Des parasurtenseurs sont présents sur les circuits électriques BT.</p> <p>La valeur de mise à la terre est contrôlée avant mise en service (&lt; 2 Ohm en standard, et dans tous les cas &lt; 10 Ohm).</p> |                                      |          |
| <b>Indépendance</b>         | Oui  |                                      |          |
| <b>Temps de réponse</b>     | Immédiat dispositif passif   |                                      |          |
| <b>Efficacité</b>           | 100%   |                                      |          |
| <b>Tests</b>                | /  |                                      |          |
| <b>Maintenance</b>          | <p>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.</p>   |                                      |          |

| Fonction de sécurité              | Protection et intervention incendie  | N° de la fonction de sécurité | 7 |
|-----------------------------------|--|-------------------------------|---|
| <p><b>Mesures de sécurité</b></p> | <p>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 à une alarme locale qui est également transmise à un poste de contrôle<br/>           Présence d'extincteurs<br/>           Intervention des services de secours</p>   |                               |   |
| <p><b>Description</b></p>         | <p>Le design global de l'éolienne est fait pour minimiser les risques d'incendie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utilisation de transformateurs secs dans un compartiment dédié et condamné, en pied de tour,</li> <li>- transport de l'énergie produite par l'éolienne entre nacelle et pied de mât par gaine-barres, afin d'assurer une protection optimale en cas de court-circuit,</li> <li>- capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne agissant si nécessaire, en cas de dépassements de seuils, sur le fonctionnement de la machine (bridage voire mise à l'arrêt automatique et envoi d'alarme via le système SCADA),</li> <li>- utilisation de moteur non hydraulique pour l'orientation des pales et le contrôle de l'azimut.</li> </ul> <p>En outre, un système de détection incendie relié à une alarme est mis en œuvre : des détecteurs sont placés au voisinage des principaux composants électriques (transformateur, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'arrêter l'éolienne,</li> <li>- d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne,</li> <li>- d'émettre une alarme informant immédiatement de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui permettre d'informer les services de secours.</li> </ul> <p>Il est enfin à noter que les analyses de risques internes menées par REpower (AMDEC) confirment le caractère tout à fait improbable d'une perte de contrôle totale de l'éolienne du fait d'un incendie. En effet, si un incendie se déclare en nacelle ou dans le mât, le système de freinage principal de l'éolienne (frein aérodynamique par pitch) reste fonctionnel et permet la mise en arrêt de l'éolienne. Si un incendie se déclare dans le moyeu, il est considéré comme improbable qu'il entraîne simultanément, sans défaillance préalable et sans signe avant coureur la mise hors d'état des trois systèmes autonomes et indépendants de pitch. De plus, le système de freinage secondaire d'urgence par le frein mécanique sur l'arbre du rotor ne pourrait être affecté instantanément par un incendie dans le moyeu.</p> <p>Par conséquent, quelle que soit la situation, une éolienne à l'intérieur de laquelle un incendie se déclarerait serait arrêtée et mise en position de sécurité, sans redémarrage incontrôlé possible.</p> <p>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) (2 extincteurs dans la nacelle et 1 extincteur en pied de tour).</p> |                               |   |
| <p><b>Indépendance</b></p>        | <p>Oui</p>   |                               |   |
| <p><b>Temps de réponse</b></p>    | <p>&lt; 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 (conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011).<br/>           Le temps d'intervention des services de secours est estimé à 15 min (hors délais de transmission de l'alerte).</p>  |                               |   |
| <p><b>Efficacité</b></p>          | <p>100%</p>  |                               |   |
| <p><b>Tests</b></p>               | <p>/</p>   |                               |   |
| <p><b>Maintenance</b></p>         | <p>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.</p>   |                               |   |

| <b>Fonction de sécurité</b> | <b>Prévention et rétention des fuites</b>  | <b>N° de la fonction de sécurité</b> | <b>8</b> |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|----------|
| <b>Mesures de sécurité</b>  | Capteurs pression et niveau d'huiles<br>Système de rétention<br>Procédure d'urgence<br>Kit antipollution   |                                      |          |
| <b>Description</b>          | <p>Les fuites depuis le moyeu ou la nacelle sont évitées par les systèmes passifs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- labyrinthe dans le carénage du moyeu (spinner),</li> <li>- chicanes de récupération et de rétention d'huile dans le capotage de la nacelle avec un bac de rétention de capacité supérieure aux quantités d'huiles utilisées,</li> <li>- collecteur de graisse sous les engrenages de l'azimut,</li> <li>- système clos pour le graissage central des couronnes et des pales,</li> <li>- utilisation d'huiles et fluides hydraulique dont la viscosité à température ambiante est élevée.</li> </ul> <p>En cas malgré tout de fuite vers l'environnement extérieur, des mesures de nettoyage de l'éolienne et de dépollution des sols seraient engagées.</p> <p>Il est à noter que la technologie pitch électrique, et non pas hydraulique, mise en œuvre sur tous les aérogénérateurs REpower œuvre à une réduction considérable des risques liés aux fuites depuis le moyeu.</p> <p>Le groupe hydraulique et le multiplicateur entre autres sont équipés de capteurs de pression et de niveau de fluide, reliés au système de contrôle de la machine et au SCADA.</p> <p>En cas de phénomène anormal, des alertes sont ainsi émises et des vérifications par des équipes de maintenance peuvent être engagées.</p> <p>Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.</p> <p>Chaque camion de technicien de maintenance est équipé de kit de dépollution d'urgence, composés de grandes feuilles de textile absorbant qui pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>- d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>- de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> |                                      |          |
| <b>Indépendance</b>         | Oui  |                                      |          |
| <b>Temps de réponse</b>     | Dépendant du débit de fuite  |                                      |          |
| <b>Efficacité</b>           | 100%   |                                      |          |
| <b>Tests</b>                | /  |                                      |          |
| <b>Maintenance</b>          | Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an   |                                      |          |

| Fonction de sécurité | Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)   | N° de la fonction de sécurité | 9 |
|----------------------|---|-------------------------------|---|
| Mesures de sécurité  | Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.)<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 nez, 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 12944.<br>Les procédures de certification-type des aérogénérateurs, couplées aux procédures de qualification fournisseurs, contrôles qualité, respect scrupuleux des instructions de montage et maintenance des machines, permettent d'assurer un niveau de sécurité important. |                               |   |
| Indépendance         | Oui   |                               |   |
| Temps de réponse     | Non Applicable  |                               |   |
| Efficacité           | 100%  |                               |   |
| Tests                | Non Applicable  |                               |   |
| 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, 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 |                               |    |
| Indépendance         | Oui   |                               |    |
| Temps de réponse     | Non Applicable  |                               |    |
| Efficacité           | 100%  |                               |    |
| Tests                | /   |                               |    |
| Maintenance          | Non Applicable  |                               |    |

| 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 pâles) par le système de conduite   |                               |    |
| Description          | La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'éolienne lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne en valeur moyennée sur 30 s, ou en valeur moyennée sur 1 s.<br>La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité. |                               |    |
| Indépendance         | Oui   |                               |    |
| Temps de réponse     | < 1 min   |                               |    |
| Efficacité           | 100%.   |                               |    |
| Tests                | Un test d'arrêt de survitesse est réalisé avant la mise en service de l'éolienne.   |                               |    |
| Maintenance          | La procédure de maintenance inclue les tests d'arrêt de survitesse.   |                               |    |

| Fonction de sécurité | Prévenir la dégradation de l'état des équipements   | N° de la fonction de sécurité | 12 |
|----------------------|---|-------------------------------|----|
| Mesures de sécurité  | Maintenance préventive<br>Contrôle visuel - Inspection  |                               |    |
| Description          | Opération de maintenance périodique (vérifications des couples de serrage, vérification de l'état des pales...)<br><br>Toutes les pièces de l'éolienne sont protégées contre la corrosion et les autres influences néfastes de l'environnement au moyen d'un revêtement spécial à plusieurs couches. Le système de revêtement satisfait aux exigences de la norme ISO 12944. Des fonctions d'alarme sont intégrées en cas de dégradation anormale des performances aérodynamiques de l'éolienne (ce qui peut être causé par une dégradation des pales). |                               |    |
| Indépendance         | Oui   |                               |    |
| Temps de réponse     | Non Applicable  |                               |    |
| Efficacité           | 100%  |                               |    |
| Tests                | Non Applicable  |                               |    |
| Maintenance          | Des contrôles visuels sont prévus lors de toutes les maintenances préventives, suivant les préconisations du manuel de maintenance.   |                               |    |

| Fonction de sécurité | Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention | N° de la fonction de sécurité | 13 |
|----------------------|--|-------------------------------|----|
| Mesures de sécurité  | Elaboration d'un plan de prévention pour tous travaux                    |                               |    |
| Description          | /  |                               |    |
| Indépendance         | Oui  |                               |    |
| Temps de réponse     | Non Applicable   |                               |    |
| Efficacité           | 100%   |                               |    |
| Tests                | Non Applicable   |                               |    |
| Maintenance          | Non Applicable   |                               |    |

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.

#### ❖ Organisation humaine

Il n'y a pas d'employé en permanence sur site. Le contrôle assurant le bon fonctionnement et l'intégrité des différents systèmes internes est assuré par un dispositif de contrôle.

Un organigramme d'intervention de secours sera réalisé, indiquant les responsabilités en termes de sécurité.

#### ❖ Surveillance et intervention

Les éoliennes, en phase de fonctionnement, sont surveillées à distance de manière continue par ordinateur. En cas de défaut, le système de contrôle-commande active les alarmes de dysfonctionnement, la mise en sécurité de l'éolienne et l'arrêt automatique lorsqu'un des paramètres de suivi dépasse un seuil de danger correspondant. Le système prévient ensuite le centre de télésurveillance par l'envoi d'un e-mail, pour organiser une opération de maintenance.

#### ❖ Prestataires

Généralement, les interventions sont réalisées par le constructeur de l'éolienne, pendant la période de garantie (la plupart du temps 2 ans), puis l'exploitant souscrit un contrat de maintenance d'une durée de 2 à 15 ans.

Les constructeurs, ont généralement des centres locaux de maintenance à moins de 2 h des parcs, afin de garantir des interventions rapides.



### 8.7. 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/m <sup>2</sup> 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 inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)   |
| Infiltration d'huile dans le sol                    | En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.<br>Le parc éolien Nord Val de l'Indre n'est pas inscrit dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.   |

**Tableau 12 : Nom des scénarios exclus (source : guide INERIS)**

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.

**Les expertises réalisées dans le cadre du guide de l'INERIS ont montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter. Ces derniers ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.**

## 9. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES



**Cette partie a totalement été refondue en suivant la méthodologie du « guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de l'INERIS.**

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.

### 9.1. 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.

#### 9.1.1. 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, 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.

#### 9.1.2. 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).

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 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 13 : Intensité et degré d'exposition (source : guide INERIS)**

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

### 9.1.3. 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.

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

**Tableau 14 : Classe de gravité selon l'intensité du phénomène (source : guide INERIS)**

*Nota : Il a été considéré une largeur de route de 5 m pour une voie communale ou un chemin rural. Les longueurs des voies traversant la zone d'étude des éoliennes ont été arrondies à la demi-décade supérieure.*

9.1.4. PROBABILITE

L'annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur :

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

**Tableau 15 : Classe de probabilité (source : guide INERIS)**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 9.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

### 9.2.1. EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE

#### ❖ 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 130 m dans le cas des éoliennes du parc Nord Val de l'Indre.

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

#### ❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien Nord Val de l'Indre. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale :  $R = 46,25$  m,
- H est la hauteur du mât :  $H = 78,5$  m,
- L est la largeur du mât :  $L = 4,3$  m,
- LB est la largeur de la base de la pale :  $LB = 2,2$  m (forme triangulaire).

| <b>Effondrement de l'éolienne</b><br><b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)</b> |   |  |                  |
|---|---|--|------------------|
| <b>Zone d'impact</b><br>$(Z_I = H \times L + 3 \times R \times LB/2)$   | <b>Zone d'effet du phénomène étudié</b><br>$(Z_E = \pi \times (H+R)^2)$ | <b>Degré d'exposition du phénomène étudié</b><br>$(d = Z_I/Z_E)$ | <b>Intensité</b> |
| 490,2 m <sup>2</sup>  | 48 891,2 m <sup>2</sup>   | 1,00%  | Exposition forte |

**Tableau 16 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne (source : guide INERIS)**

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

#### ❖ Gravité

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

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

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

| <b>Effondrement de l'éolienne</b><br><b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)</b> |   |                |
|---|---|----------------|
| <b>Eolienne</b>   | <b>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</b>  | <b>Gravité</b> |
| E1  | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 4,89 ha<br><b>→ 0,05 personne</b>  | Sérieux        |
| E2  | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (Chemin agricole) : 0,125 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 4,76 ha<br><b>→ 0,06 personne</b> | Sérieux        |
| E3  | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 4,89 ha<br><b>→ 0,05 personne</b>  | Sérieux        |
| E4  | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 4,89 ha<br><b>→ 0,05 personne</b>  | Sérieux        |
| E5  | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 4,89 ha<br><b>→ 0,05 personne</b>  | Sérieux        |
| E6  | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 4,89 ha<br><b>→ 0,05 personne</b>  | Sérieux        |

**Tableau 17 : Gravité du phénomène d'effondrement d'éolienne (source : guide INERIS)**

#### ❖ Probabilité

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

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

**Tableau 18 : Probabilité du phénomène d'effondrement d'éolienne (source : guide INERIS)**

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<sup>1</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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

<sup>1</sup> 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.

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 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* ».

❖ **Acceptabilité**

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 100 personnes sont exposées.

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

| <b>Effondrement de l'éolienne</b><br><b>(dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)</b> |                |                         |
|---|----------------|-------------------------|
| <b>Eolienne</b>   | <b>Gravité</b> | <b>Niveau de risque</b> |
| E1  | Sérieux        | Acceptable              |
| E2  | Sérieux        | Acceptable              |
| E3  | Sérieux        | Acceptable              |
| E4  | Sérieux        | Acceptable              |
| E5  | Sérieux        | Acceptable              |
| E6  | Sérieux        | Acceptable              |

**Tableau 19 : Acceptabilité du risque dû au phénomène d'effondrement d'éolienne (source : guide INERIS)**

Ainsi, pour le parc éolien Nord Val de l'Indre, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.2. CHUTE DE GLACE

❖ **Considérations générales**

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

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

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

❖ **Zone d'effet**

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien Nord Val de l'Indre, la zone d'effet à donc un rayon de 47 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien Nord Val de l'Indre. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale : R = 46,25 m,
- SG est la surface du morceau de glace majorant : SG= 1 m<sup>2</sup>.

| <b>Chute de glace</b><br>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol) |   |  |                    |
|---|---|--|--------------------|
| <b>Zone d'impact</b><br>(Z <sub>I</sub> = SG)                                     | <b>Zone d'effet du phénomène étudié</b><br>(Z <sub>E</sub> = π x R <sup>2</sup> ) | <b>Degré d'exposition du phénomène étudié</b><br>(d = Z <sub>I</sub> /Z <sub>E</sub> ) | <b>Intensité</b>   |
| 1 m <sup>2</sup>  | 6 720,1 m <sup>2</sup>  | 0,01%  | Exposition modérée |

**Tableau 20 : Intensité du phénomène de chute de glace (source : guide INERIS)**

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

❖ **Gravité**

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

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



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

| <b>Chute de glace</b><br><b>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)</b> |  |                |
|--|--|----------------|
| <b>Eolienne</b>  | <b>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</b>                         | <b>Gravité</b> |
| E1   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré         |
| E2   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré         |
| E3   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré         |
| E4   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré         |
| E5   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré         |
| E6   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré         |

**Tableau 21 : Gravité du phénomène de chute de glace (source : guide INERIS)**

❖ **Probabilité**

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

❖ **Acceptabilité**

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

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

| <b>Chute de glace</b><br><b>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)</b> |                |                         |
|--|----------------|-------------------------|
| <b>Eolienne</b>  | <b>Gravité</b> | <b>Niveau de risque</b> |
| E1   | Modéré         | Acceptable              |
| E2   | Modéré         | Acceptable              |
| E3   | Modéré         | Acceptable              |
| E4   | Modéré         | Acceptable              |
| E5   | Modéré         | Acceptable              |
| E6   | Modéré         | Acceptable              |

**Tableau 22 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute de glace (source : guide INERIS)**

Ainsi, pour le parc éolien Nord Val de l'Indre, 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.

### 9.2.3. CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE

#### ❖ 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 47 m).

#### ❖ 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 Nord Val de l'Indre. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale :  $R = 46,25$  m,
- LB est la largeur de la base de la pale :  $LB = 2,2$  m (forme triangulaire).

| <b>Chute d'éléments de l'éolienne</b><br>(dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol) |   |  |                   |
|---|---|--|-------------------|
| <b>Zone d'impact</b><br>( $Z_I = R \times LB/2$ )   | <b>Zone d'effet du phénomène étudié</b><br>( $Z_E = \pi \times R^2$ ) | <b>Degré d'exposition du phénomène étudié</b><br>( $d = Z_I/Z_E$ ) | <b>Intensité</b>  |
| 50,9 m <sup>2</sup>   | 6 720,1 m <sup>2</sup>  | 0,76%  | Exposition modéré |

**Tableau 23 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne (source : guide INERIS)**

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

#### ❖ Gravité

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

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

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

| <b>Chute d'éléments de l'éolienne</b><br><b>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)</b> |  |         |
|--|--|---------|
| Eolienne   | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)                                | Gravité |
| E1   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré  |
| E2   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré  |
| E3   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré  |
| E4   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré  |
| E5   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré  |
| E6   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 0,67 ha<br>→ <b>0,01 personne</b> | Modéré  |

**Tableau 24 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne (source : guide INERIS)**

#### ❖ Probabilité

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

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

❖ **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 100 dans la zone d'effet.

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

| <b>Chute d'éléments de l'éolienne<br/>(dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)</b> |                |                         |
|--|----------------|-------------------------|
| <b>Eolienne</b>  | <b>Gravité</b> | <b>Niveau de risque</b> |
| E1   | Modéré         | Acceptable              |
| E2   | Modéré         | Acceptable              |
| E3   | Modéré         | Acceptable              |
| E4   | Modéré         | Acceptable              |
| E5   | Modéré         | Acceptable              |
| E6   | Modéré         | Acceptable              |

**Tableau 25 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute d'éléments de l'éolienne (source : guide INERIS)**

Ainsi, pour le parc éolien Nord Val de l'Indre, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

❖ **Zone d'effet**

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

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

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

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

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien Nord Val de l'Indre. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale : R = 46,25 m,
- LB est la largeur de la base de la pale : LB = 2,2 m (forme triangulaire),
- RE est la zone de 500 m autour d'une éolienne : RE = 500 m.

| <b>Projection de pale ou de fragment de pale<br/>(zone de 500 m autour de chaque éolienne)</b> |  |  |                    |
|--|--|--|--------------------|
| <b>Zone d'impact<br/>(<math>Z_I = R \times LB/2</math>)</b>                                    | <b>Zone d'effet du<br/>phénomène étudié<br/>(<math>Z_E = \pi \times RE^2</math>)</b> | <b>Degré d'exposition<br/>du phénomène étudié<br/>(<math>d = Z_I/Z_E</math>)</b> | <b>Intensité</b>   |
| 50,9 m <sup>2</sup>  | 785 398,2 m <sup>2</sup>   | 0,01%  | Exposition modérée |

**Tableau 26 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale (source : guide INERIS)**

❖ **Gravité**

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

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

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 :

| <b>Projection de pale ou de fragment de pale<br/>(zone de 500 m autour de chaque éolienne)</b> |   |                |
|--|---|----------------|
| <b>Eolienne</b>  | <b>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</b>  | <b>Gravité</b> |
| E1   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (CR22, CR28) : 0,720 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, forêt) : 77,82 ha<br><b>→ 0,85 personne</b>                    | Modéré         |
| E2   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (Chemin agricole) : 0,325 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, forêt) : 78,21 ha<br><b>→ 0,81 personne</b>               | Modéré         |
| E3   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (VC4, CR53, Chemin agricole) : 0,780 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 77,76 ha<br><b>→ 0,86 personne</b>           | Modéré         |
| E4   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (VC4, CR d'Argy à Levroux) : 0,780 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 77,76 ha<br><b>→ 0,86 personne</b>             | Modéré         |
| E5   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (CR d'Argy à Levroux, Chemin agricole) : 0,533 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 78,01 ha<br><b>→ 0,83 personne</b> | Modéré         |
| E6   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (2 Chemins agricoles) : 0,240 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, forêt) : 78,30 ha<br><b>→ 0,81 personne</b>           | Modéré         |

**Tableau 27 : Gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale (source : guide INERIS)**

#### ❖ Probabilité

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

| <b>Source</b>  | <b>Fréquence</b>      | <b>Justification</b>  |
|--|-----------------------|---|
| 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 28 : Probabilité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale (source : guide INERIS)**

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 ».*

❖ **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet.

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

| <b>Projection de pale ou de fragment de pale<br/>(zone de 500 m autour de chaque éolienne)</b> |                |                         |
|--|----------------|-------------------------|
| <b>Eolienne</b>  | <b>Gravité</b> | <b>Niveau de risque</b> |
| E1   | Modéré         | Acceptable              |
| E2   | Modéré         | Acceptable              |
| E3   | Modéré         | Acceptable              |
| E4   | Modéré         | Acceptable              |
| E5   | Modéré         | Acceptable              |
| E6   | Modéré         | Acceptable              |

**Tableau 29 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de pale ou de fragment de pale (source : guide INERIS)**

Ainsi, pour le parc éolien Nord Val de l'Indre, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

### 9.2.5. PROJECTION DE GLACE

#### ❖ Zone d'effet

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

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

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor})$$

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

#### ❖ Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) 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 Nord Val de l'Indre. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- SG est la surface du morceau de glace majorant : SG= 1 m<sup>2</sup>,
- H est la hauteur du moyeu : H = 80 m,
- D est le diamètre du rotor : D = 92,5 m.

| Projection de morceaux de glace<br>(dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne) |   |   |                    |
|--|---|---|--------------------|
| Zone d'impact<br>( $Z_I = SG$ )  | Zone d'effet du phénomène étudié<br>( $Z_E = \pi \times R_{PG}^2$ ) | Degré d'exposition du phénomène étudié<br>( $d = Z_I/Z_E$ ) | Intensité          |
| 1 m <sup>2</sup>   | 210 334,5 m <sup>2</sup>  | 0,00048%  | Exposition modérée |

**Tableau 30 : Intensité du phénomène de projection de glace (source : guide INERIS)**

#### ❖ Gravité

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

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

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



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

| Projection de morceaux de glace<br>(dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+D)$ autour de l'éolienne) |  |         |
|--|--|---------|
| Eolienne   | Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)  | Gravité |
| E1   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (CR22) : 0,225 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, forêt) : 20,81 ha<br><b>→ 0,23 personne</b>         | Modéré  |
| E2   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (Chemin agricole) : 0,215 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 20,82 ha<br><b>→ 0,23 personne</b>     | Modéré  |
| E3   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 21,03 ha<br><b>→ 0,21 personne</b>  | Modéré  |
| E4   | Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (CR d'Argy à Levroux) : 0,165 ha<br>Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 20,87 ha<br><b>→ 0,23 personne</b> | Modéré  |
| E5   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 21,03 ha<br><b>→ 0,21 personne</b>  | Modéré  |
| E6   | Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, forêt) : 21,03 ha<br><b>→ 0,21 personne</b>   | Modéré  |

**Tableau 31 : Gravité du phénomène de projection de glace (source : guide INERIS)**

❖ **Probabilité**

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

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

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

❖ **Acceptabilité**

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

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

| <b>Projection de morceaux de glace<br/>(dans un rayon de <math>R_{PG} = 1,5 \times (H+DR)</math> autour de l'éolienne)</b> |                |   |                         |
|--|----------------|---|-------------------------|
| <b>Eolienne</b>  | <b>Gravité</b> | <b>Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage</b> | <b>Niveau de risque</b> |
| E1   | Modéré         | OUI   | Acceptable              |
| E2   | Modéré         | OUI   | Acceptable              |
| E3   | Modéré         | OUI   | Acceptable              |
| E4   | Modéré         | OUI   | Acceptable              |
| E5   | Modéré         | OUI   | Acceptable              |
| E6   | Modéré         | OUI   | Acceptable              |

**Tableau 32 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de glace (source : guide INERIS)**

Ainsi, pour le parc éolien Nord Val de l'Indre, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

### 9.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

#### 9.3.1. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Le tableau regroupe les éoliennes qui ont le même profil de risque.

| <b>N°</b> | <b>Scénario</b>                     | <b>Zone d'effet</b>  | <b>Cinétique</b> | <b>Intensité</b>   | <b>Probabilité</b>                              | <b>Gravité</b>                       |
|-----------|-------------------------------------|--|------------------|--------------------|---|--------------------------------------|
| 1         | Effondrement de l'éolienne          | Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale | Rapide           | Exposition forte   | D<br>(pour des éoliennes récentes) <sup>2</sup> | Sérieux<br>Pour toutes les éoliennes |
| 2         | Chute de glace                      | Zone de survol   | Rapide           | Exposition modérée | A   | Modéré<br>Pour toutes les éoliennes  |
| 3         | Chute d'élément de l'éolienne       | Zone de survol   | Rapide           | Exposition modéré  | C   | Modéré<br>Pour toutes les éoliennes  |
| 4         | Projection d'éléments de l'éolienne | 500 m autour de l'éolienne   | Rapide           | Exposition modérée | D<br>(pour des éoliennes récentes) <sup>3</sup> | Modéré<br>Pour toutes les éoliennes  |
| 5         | Projection de glace                 | $1,5 \times (H + D)$ autour de l'éolienne  | Rapide           | Exposition modérée | B   | Modéré<br>Pour toutes les éoliennes  |

**Tableau 33 : Synthèse des scénarios étudiés (source : guide INERIS)**

<sup>2</sup> Voir paragraphe VIII.2.1

<sup>3</sup> Voir paragraphe VIII.2.4

9.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

| GRAVITÉ des Conséquences | Classe de Probabilité |   |   |   |   |
|--------------------------|-----------------------|---|---|---|---|
|                          | E                     | D | C | B | A |
| Désastreux               |                       |   |   |   |   |
| Catastrophique           |                       |   |   |   |   |
| Important                |                       |   |   |   |   |
| Sérieux                  |                       | 1 |   |   |   |
| Modéré                   |                       | 4 | 3 | 5 | 2 |

**Légende de la matrice**

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

| N° | Scénario                            |
|----|-------------------------------------|
| 1  | Effondrement de l'éolienne          |
| 2  | Chute de glace                      |
| 3  | Chute d'élément de l'éolienne       |
| 4  | Projection d'éléments de l'éolienne |
| 5  | Projection de glace                 |

**Tableau 34 : Matrice de criticité (source : guide INERIS)**

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 8.6 sont mises en place.

L'analyse des risques ne nous conduit à retenir aucun des événements pour une étude détaillée de réduction des risques, puisque aucun des scénarios étudiés n'est jugé inacceptable.

9.3.3. CARTOGRAPHIES DES RISQUES

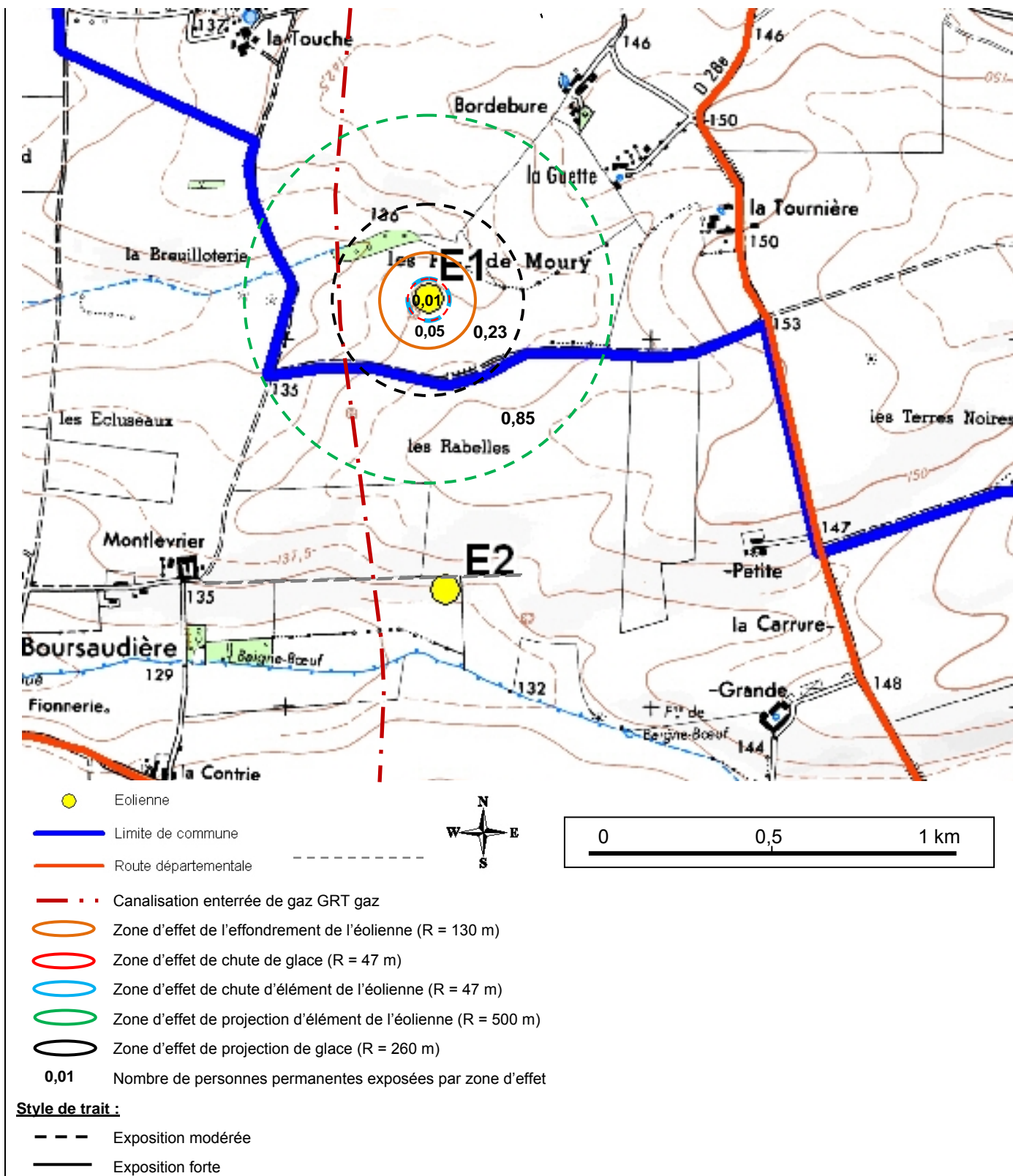


Figure 12 : Cartographie des risques pour l'éolienne E1 (source : Neoen Services, Apave)

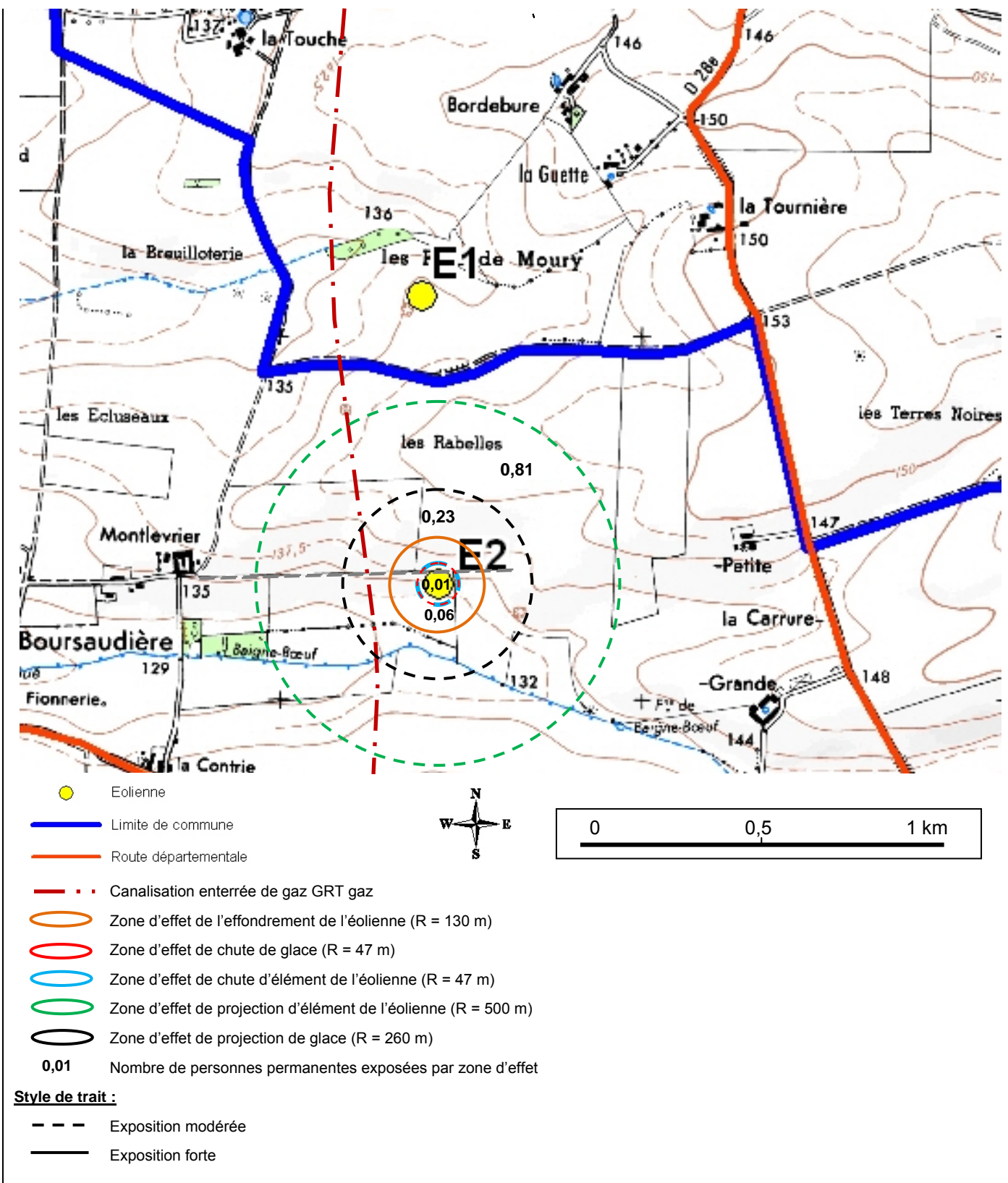


Figure 13 : Cartographie des risques pour l'éolienne E2 (source : Neoen Services, Apave)

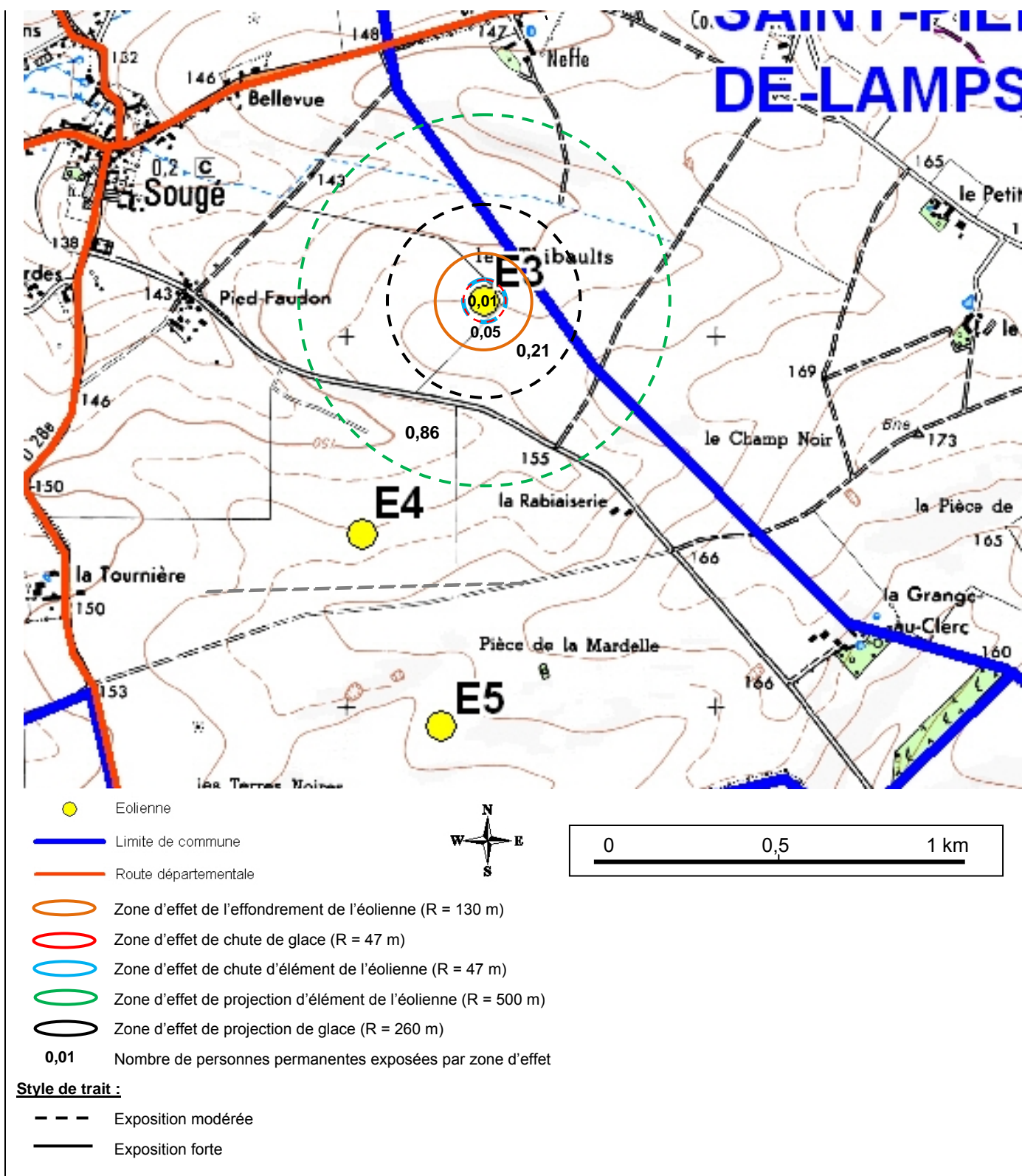


Figure 14 : Cartographie des risques pour l'éolienne E3 (source : Neoen Services, Apave)

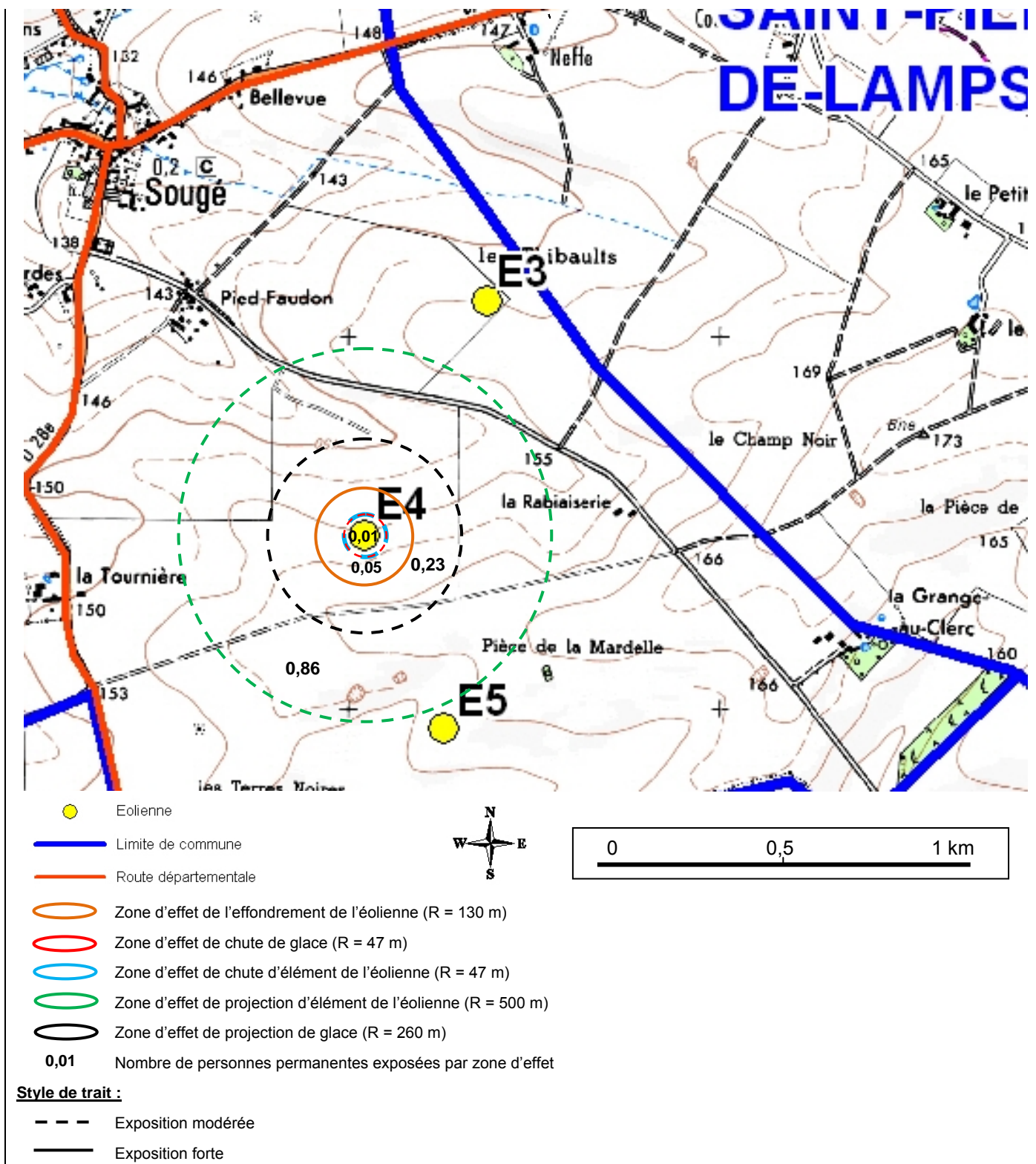
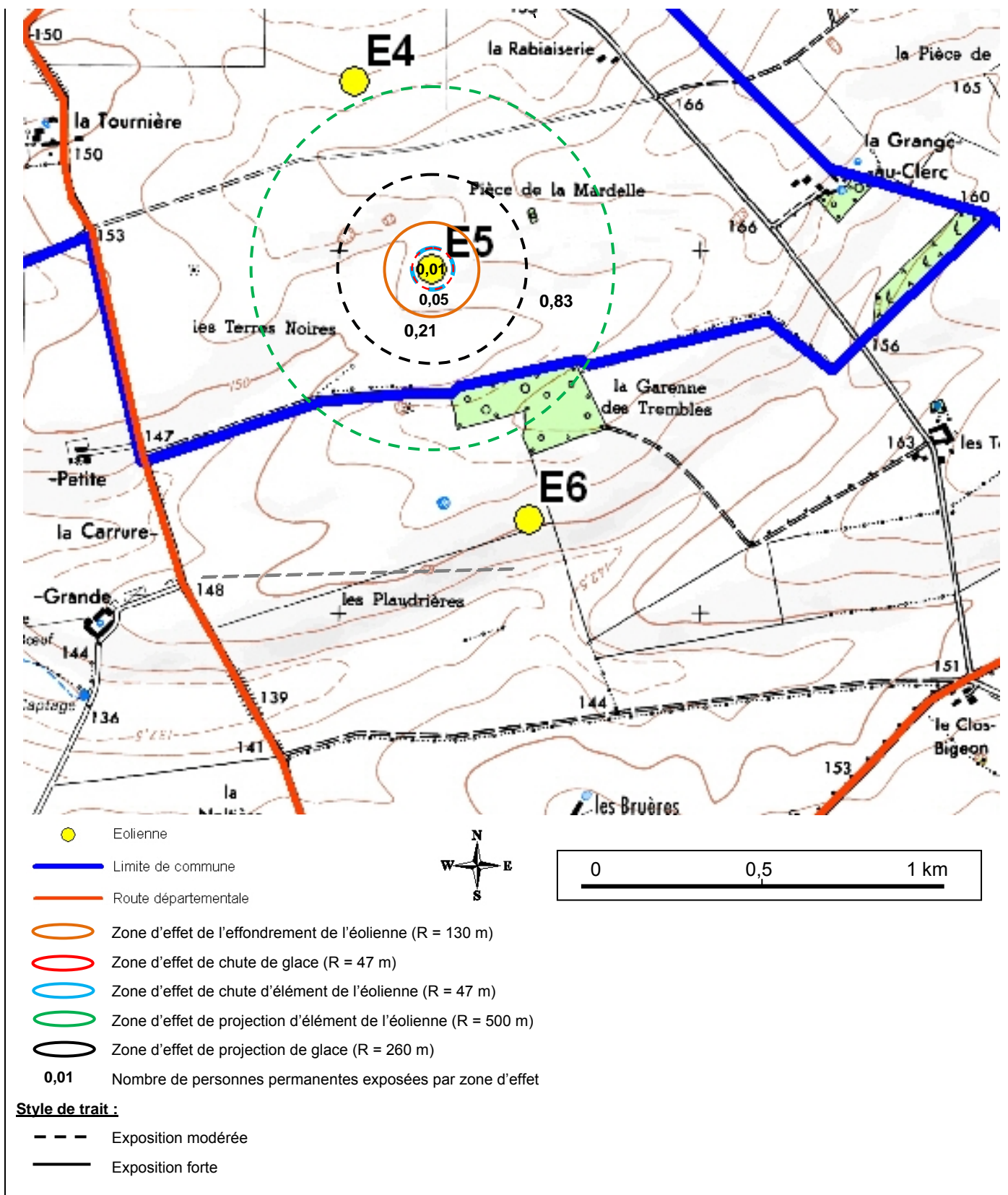
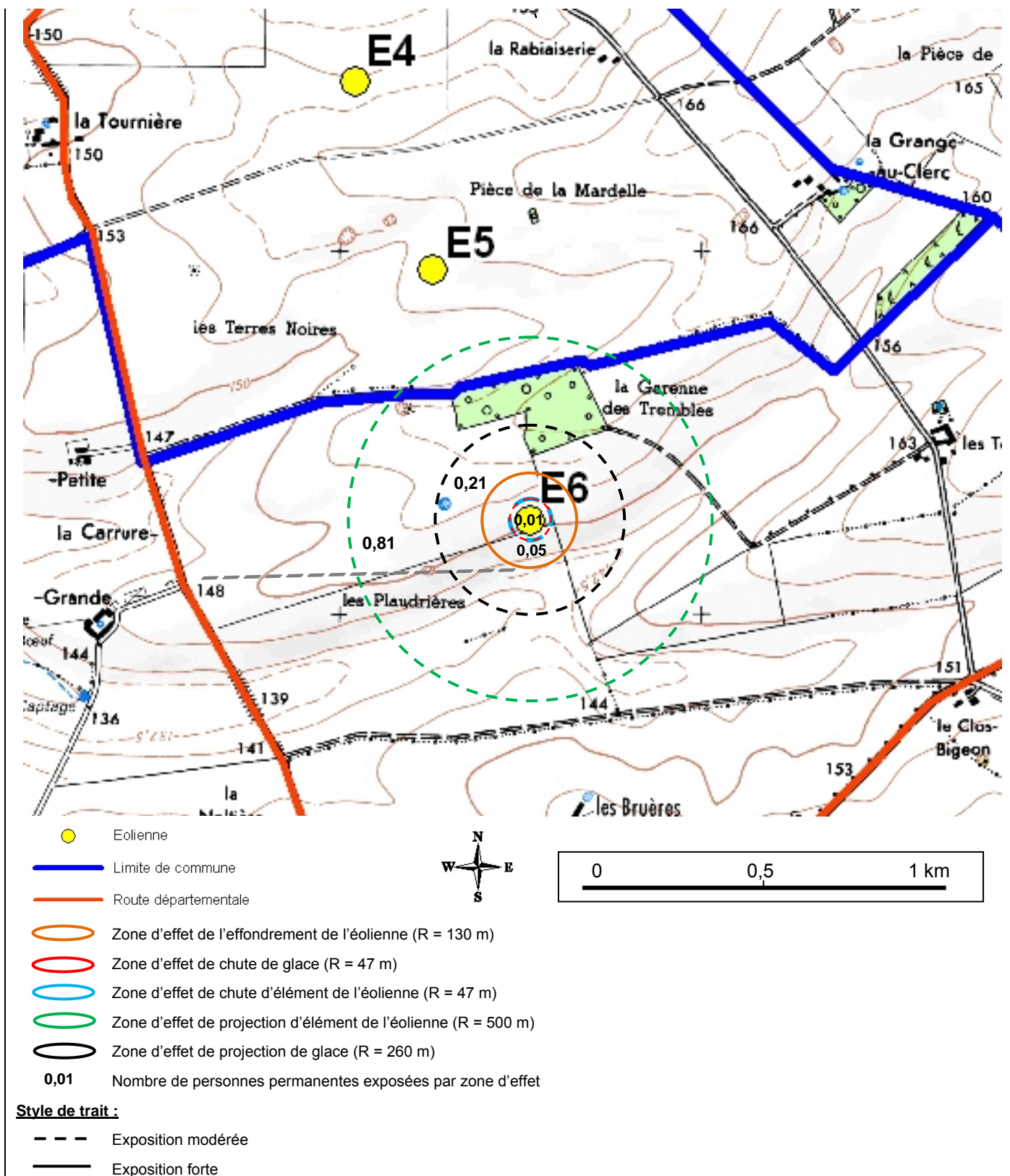


Figure 15 : Cartographie des risques pour l'éolienne E4 (source : Neoen Services, Apave)



**Figure 16 : Cartographie des risques pour l'éolienne E5 (source : Neoen Services, Apave)**





**Figure 17 : Cartographie des risques pour l'éolienne E6 (source : Neoen Services, Apave)**

## 10. CONCLUSION

Les principaux accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers sont :

- L'effondrement de l'éolienne,
- La chute de glace,
- La chute d'éléments de l'éolienne,
- La projection de tout ou une partie de pale,
- La projection de glace.

La probabilité et la gravité des accidents majeurs les plus significatifs en termes de risque sont regroupées dans le tableau suivant :

| Accidents majeurs                   | Intensité          | Gravité (pour l'ensemble des éoliennes)                            | Probabilité       |
|-------------------------------------|--------------------|--|-------------------|
| Effondrement de l'éolienne          | Exposition forte   | Sérieux<br>(au plus 1 personne exposée)                            | D<br>(Rare)       |
| Chute de glace                      | Exposition modérée | Modéré<br>(présence humaine exposée inférieure à « une personne ») | A<br>(Courant)    |
| Chute d'élément de l'éolienne       | Exposition modéré  | Modéré<br>(présence humaine exposée inférieure à « une personne ») | C<br>(Improbable) |
| Projection d'éléments de l'éolienne | Exposition modérée | Modéré<br>(présence humaine exposée inférieure à « une personne ») | D<br>(Rare)       |
| Projection de glace                 | Exposition modérée | Modéré<br>(présence humaine exposée inférieure à « une personne ») | B<br>(Probable)   |

**Tableau 35 : Intensité, gravité et probabilité des accidents majeurs (source : guide INERIS)**

L'ensemble des mesures de prévention et de protection sont détaillées dans l'étude de dangers. Les principales mesures préventives intégrées à la structure des éoliennes sont :

- des dispositifs de protection contre la foudre ;
- le système de régulation et de freinage par rotation des pales ;
- la détection de givre ;
- les rétentions d'huile sous le multiplicateur et en tête de mât.

Les différents paramètres de fonctionnement et de sécurité sont gérés par un système de contrôle et de commande informatisé.

Les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière (tous les 3 à 6 mois) et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts.

Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ».

Ainsi, pour le parc éolien Nord Val de l'Indre, l'ensemble des accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers constitue un risque acceptable pour les personnes.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>NEOEN</b><br/><b>PARC EOLIEN NORD VAL DE L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>ETUDE DE DANGERS</b></p> | <p style="text-align: right;">Page 75 sur 102</p> |
|---|--|---|

## 11. RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS

### 11.1. OBJET DU DOSSIER

Neoen, acteur majeur du monde de l'énergie en France, projette la création d'un parc éolien dans le département de l'Indre (36), sur les communes d'Argy et Sougé. La société projette la création d'une ferme de 6 éoliennes d'une puissance nominale de 2,05 MW.

Neoen a réalisé la présente étude de dangers en prenant en compte les méthodologies d'élaboration des études de dangers pour les sites soumis à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

### 11.2. DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET

La puissance globale maximale de la centrale éolienne sera de 12,3 MW réparties sur 6 éoliennes de puissance unitaire maximale de 2,05 MW. Les éoliennes seront de type Repower MM92.

Les éoliennes implantées auront le gabarit suivant : mât de 78,5 m pour un diamètre de rotor de 92,5 m, soit une hauteur totale pales déployées de 126,25 m. Il s'agit d'éolienne tri-pale à rotation rapide. La vitesse de rotation maximale est de 15 tours/min soit une vitesse en bout de pale de 71 m/s (255 km/h).

### 11.3. ENVIRONNEMENT PROCHE

Le projet de parc éolien Nord Val de l'Indre sera implanté au nord du département de l'Indre (36). La zone d'implantation se situe sur les communes d'Argy et Sougé qui compte environ 780 habitants et représentent une superficie de 52 km<sup>2</sup>.

Le secteur d'étude est en pente avec une altitude comprise entre 135 et 160 m. La géologie locale est principalement constituée de terrains marneux ou argileux datant du Kimméridgien ou de l'Oxfordien supérieur.

Le ruisseau de la Cité, affluent de l'Indre, prend sa source à Saint-Pierre-de-Lamps et se dirige vers le Sud-Ouest puis vers l'Ouest. Il se jette dans l'Indre à Saint-Genou. Le ruisseau de la Cité arrose les villages de Sougé et d'Argy. Le ruisseau de la Cité borde au nord le périmètre du site éolien. Le secteur d'étude n'est concerné par aucun captage d'eau ni périmètre de protection.

La zone d'implantation des éoliennes est soumise aux remontées de nappes avec une sensibilité très faible (voire inexistant) à faible pour les éoliennes E1, E3, E4, E5 et le poste de livraison ; et de sensibilité forte à très élevée (nappe sub-affleurante) pour les éoliennes E2 et E6.

En régime normal d'exploitation, les éoliennes Repower MM92 sont constituées en pied de mât, en bas de la tour d'un transformateur. **En concertation avec Repower, toutes les installations électriques et notamment le transformateur seront situés sur une plateforme surélevée à 1,50 m par rapport au pied du mât. Tous les équipements seront donc mis hors d'eau en cas d'inondation à l'intérieur des éoliennes. L'ensemble des éoliennes du projet Nord Val de l'Indre seront équipées de cette plateforme à l'intérieur de leurs mâts.**

D'après les mesures de vent faites sur la commune de Sougé (pylône météorologique de 60 mètres implanté entre juin 2007 et février 2009), la rose des vents identifie clairement deux régimes majeurs de vent : un régime dominant de sud-ouest et un régime secondaire de direction nord-est.

Le secteur est soumis à des orages un peu moins violents que la moyenne et la probabilité de foudroiement est inférieure à la normale.

Sur le périmètre d'étude rapprochée, on ne recense aucun inventaire ou zone de protection réglementaire de patrimoine naturel.

Deux routes bitumées traversent le périmètre d'étude rapprochée (RD28e et voie communale n°4). Le secteur d'étude est traversé par plusieurs chemins permettant de pénétrer au sein des terrains agricoles. L'implantation du parc éolien respecte une distance de recul des routes bitumées d'au moins 150 m.

La densité de population est relativement faible. Toutes les habitations seront situées à plus de 600 m des éoliennes.

Le projet n'est pas concerné par une servitude aéronautique (civile ou militaire) mais devra néanmoins prévoir un balisage « diurne et nocturne » conformément à l'arrêté du 13 novembre 2009.

La principale servitude connue sur l'aire d'implantation du projet est liée au passage d'une conduite de gaz à haute pression exploitée par GRT Gaz (DN800, PMS de 80 bar).

L'éolienne E2 est implantée dans la zone 2 définie par GRT Gaz, Neoen devra donc fournir :

- un certificat de type garantissant l'intégralité de la conception de l'aérogénérateur ;
- un engagement sur la bonne maintenance de la machine et sur les fondations ;
- un engagement de prise en charge financière, en cas de chute de l'aérogénérateur, de l'inspection et de la réparation éventuelle de l'ouvrage.

Une Déclaration d'Intention de Commencement des Travaux (DICT) devra être réalisée auprès de ce gestionnaire.

## **11.4. ANALYSE DE RISQUES**

### **11.4.1. METHODOLOGIE**

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.

L'étude détaillée des risques vise ensuite 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.

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

- L'effondrement de l'éolienne,
- La chute de glace,
- La chute d'éléments de l'éolienne,
- La projection de tout ou une partie de pale,
- La projection de glace.

#### 11.4.2. HIERARCHISATION DES SCENARIOS D'ACCIDENT

Le tableau suivant récapitule, pour chaque accident majeur, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

| Scénario                            | Zone d'effet               | Cinétique | Intensité          | Probabilité    | Gravité pour l'ensemble des éoliennes du projet Nord Val de l'Indre |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------|--------------------|----------------|---|
| Effondrement de l'éolienne          | 130 m autour de l'éolienne | Rapide    | Exposition forte   | D (Rare)       | Sérieux<br>(≤ 1 personne exposée)                                   |
| Chute de glace                      | 47 m autour de l'éolienne  | Rapide    | Exposition modérée | A (Courant)    | Modéré<br>(< 1 personne exposée)                                    |
| Chute d'élément de l'éolienne       | 47 m autour de l'éolienne  | Rapide    | Exposition modérée | C (Improbable) | Modéré<br>(< 1 personne exposée)                                    |
| Projection d'éléments de l'éolienne | 500 m autour de l'éolienne | Rapide    | Exposition modérée | D (Rare)       | Modéré<br>(< 1 personne exposée)                                    |
| Projection de glace                 | 260 m autour de l'éolienne | Rapide    | Exposition modérée | B (Probable)   | Modéré<br>(< 1 personne exposée)                                    |

**Tableau 36 : Hiérarchisation des scénarios d'accident (source : guide INERIS)**

#### 11.4.3. HIERARCHISATION DES SCENARIOS D'ACCIDENT

L'ensemble des mesures de prévention et de protection sont détaillées dans l'étude de dangers. Les principales mesures préventives intégrées à la structure des éoliennes sont :

- des dispositifs de protection contre la foudre ;
- le système de régulation et de freinage par rotation des pales ;
- la détection de givre ;
- des détecteurs de fuites ;
- des capteurs de température sur les principaux composants de l'éolienne.

Les différents paramètres de fonctionnement et de sécurité sont gérés par un système de contrôle et de commande informatisé.

Les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière (tous les 3 à 6 mois) et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts.

### 11.5. CRITICITE DES ACCIDENTS MAJEURS

Pour classer les niveaux de risque, est ici utilisée une grille de criticité. Cette grille permet ainsi de regrouper les résultats de l'étude et constitue une aide à la décision sur le caractère acceptable du niveau de risque.

| GRAVITÉ des Conséquences | Classe de Probabilité |   |   |   |   |
|--------------------------|-----------------------|---|---|---|---|
|                          | E                     | D | C | B | A |
| Désastreux               |                       |   |   |   |   |
| Catastrophique           |                       |   |   |   |   |
| Important                |                       |   |   |   |   |
| Sérieux                  |                       | 1 |   |   |   |
| Modéré                   |                       | 4 | 3 | 5 | 2 |

#### Légende de la matrice

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

| N° | Scénario                            |
|----|-------------------------------------|
| 1  | Effondrement de l'éolienne          |
| 2  | Chute de glace                      |
| 3  | Chute d'élément de l'éolienne       |
| 4  | Projection d'éléments de l'éolienne |
| 5  | Projection de glace                 |

Tableau 37 : Matrice de criticité (source : guide INERIS)

11.6. CARTOGRAPHIES DE SYNTHESE

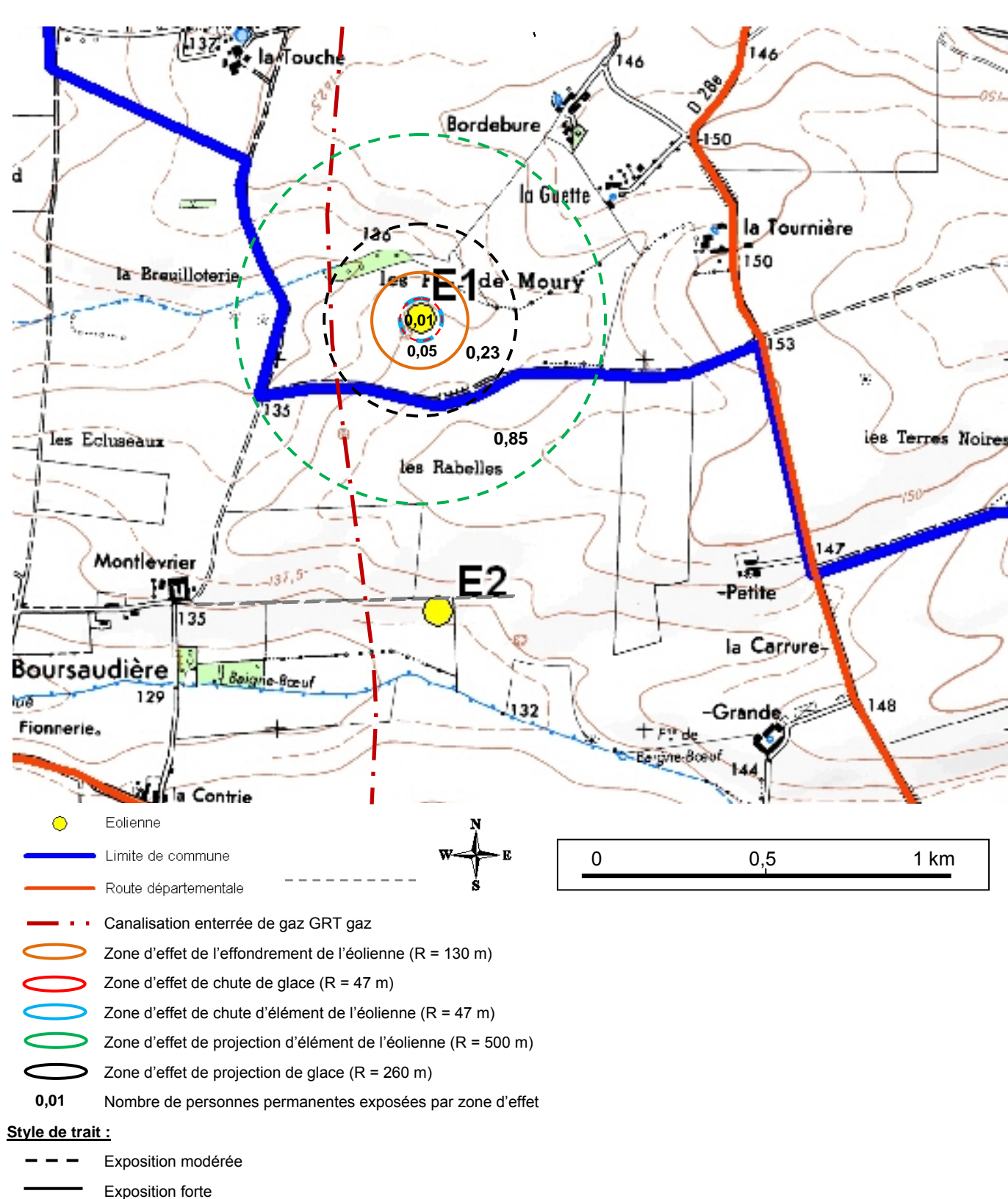


Figure 18 : Cartographie des risques pour l'éolienne E1 (source : Neoen Services, Apave)

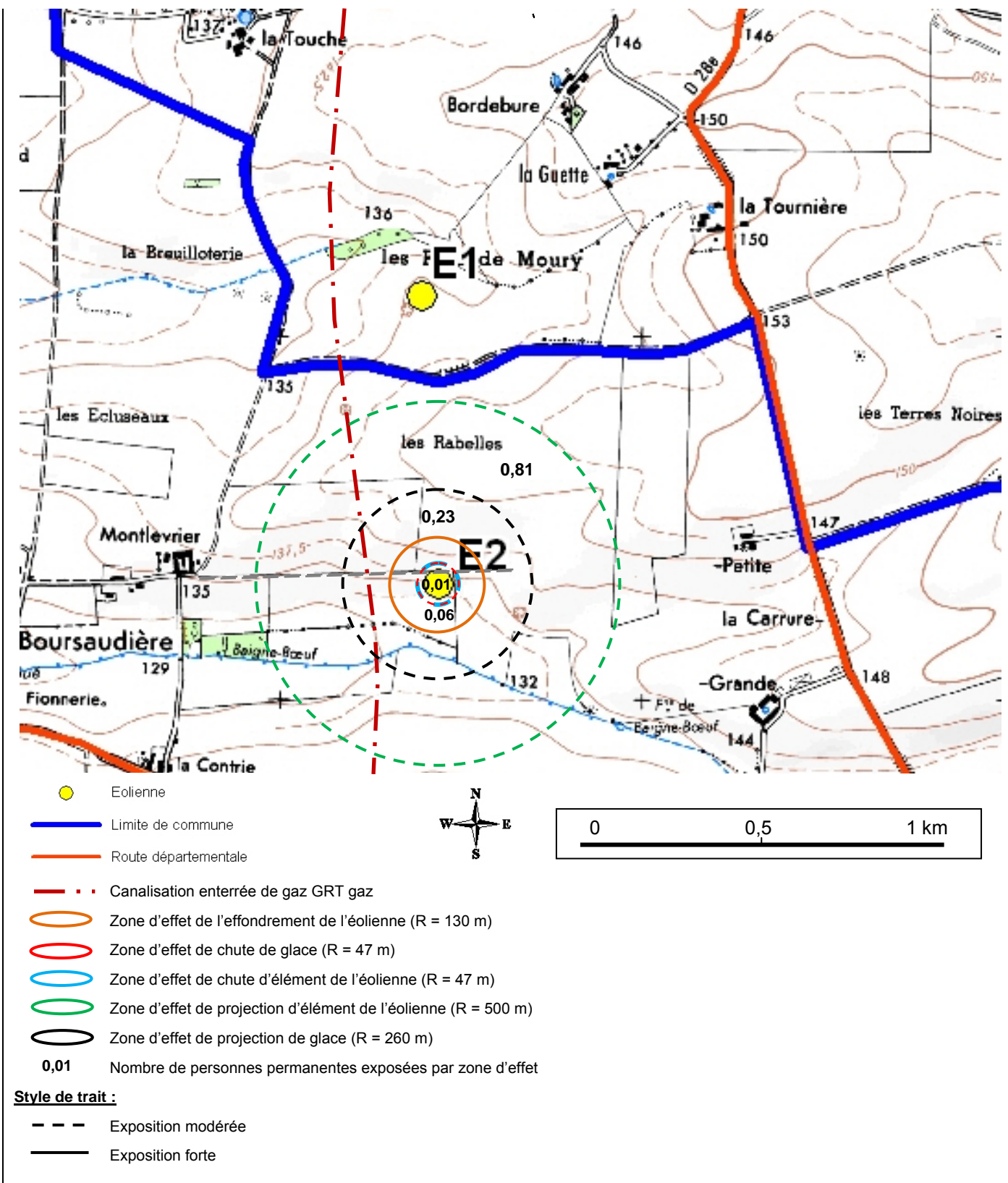


Figure 19 : Cartographie des risques pour l'éolienne E2 (source : Neoen Services, Apave)



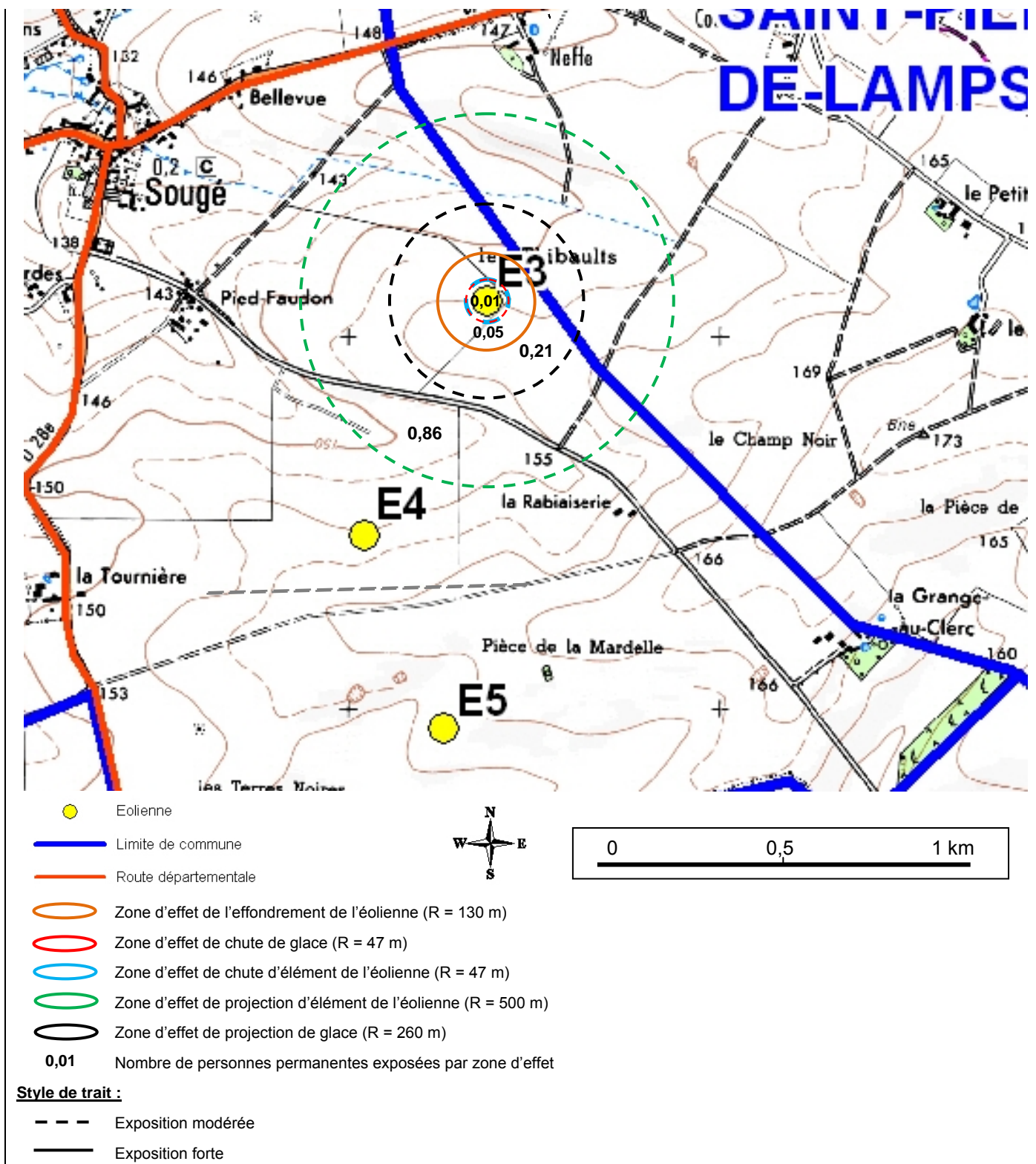


Figure 20 : Cartographie des risques pour l'éolienne E3 (source : Neoen Services, Apave)

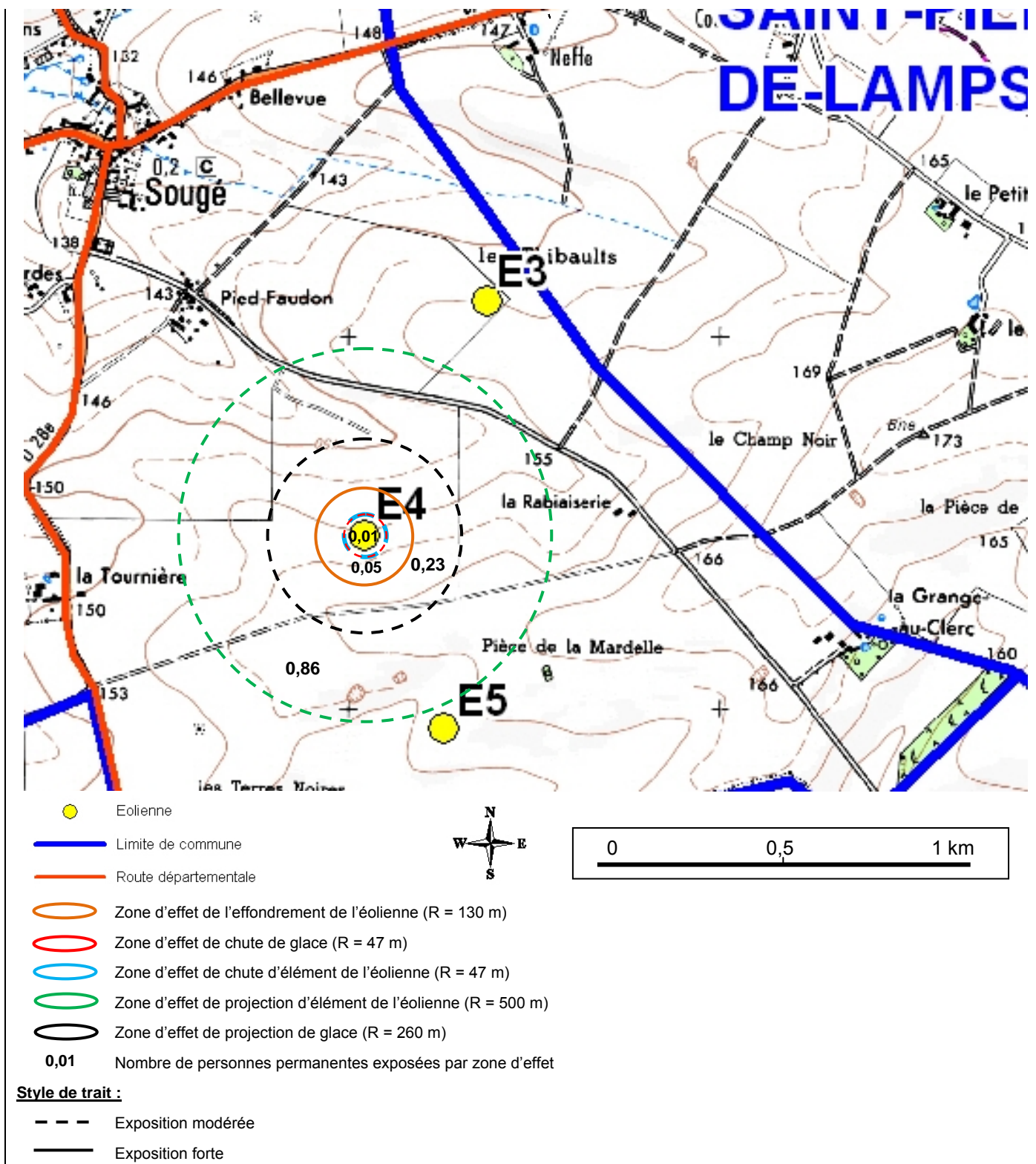
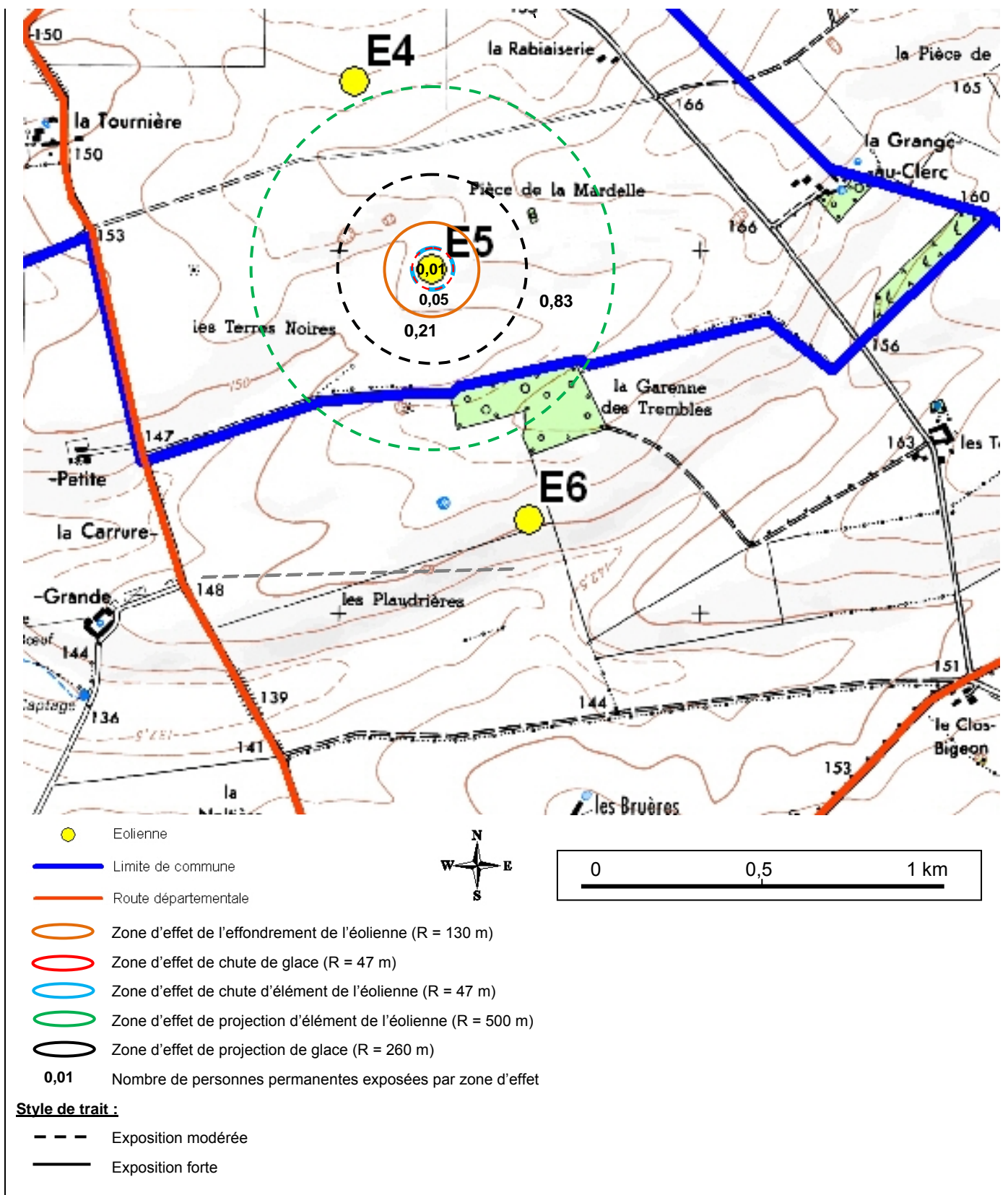
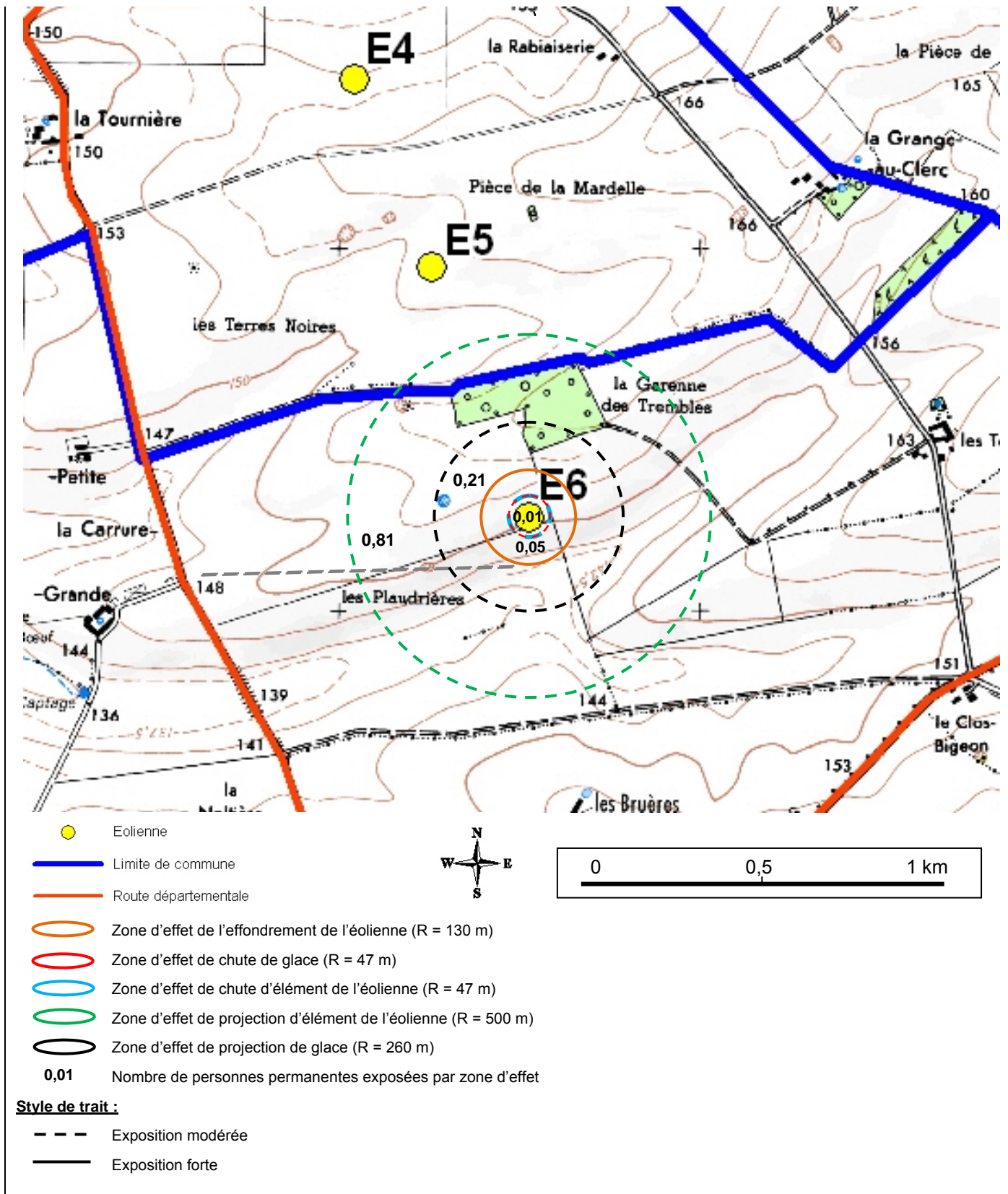


Figure 21 : Cartographie des risques pour l'éolienne E4 (source : Neoen Services, Apave)



**Figure 22 : Cartographie des risques pour l'éolienne E5 (source : Neoen Services, Apave)**



**Figure 23 : Cartographie des risques pour l'éolienne E6 (source : Neoen Services, Apave)**

## **ANNEXES**

**ANNEXE 1 : GLOSSAIRE TECHNIQUE ET GRAND PUBLIC**

**ANNEXE 2 : SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES**

**ANNEXE 3 : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL**

**ANNEXE 4 : BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES**

**ANNEXE 5 : LETTRE DE LA DIRECTION GENERALE DE LA PREVENTION DES RISQUES – GUIDE TECHNIQUE D'ELABORATION DE L'ETUDE DE DANGERS DANS LE CADRE DE PARCS EOLIENS (VERSION MAI 2012)**

**ANNEXE 6 : REPOSE DU CONSEIL GENERAL DE L'INDRE SUR LE COMPTAGE ROUTIER DE LA RD28E**

**ANNEXE 7 : ATTESTATION D'UN CONTROLEUR DE L'APAVE CONCERNANT LES REGLES PARASISMIQUES**

## ANNEXE 1 : GLOSSAIRE TECHNIQUE ET GRAND PUBLIC

Ce glossaire est un document indicatif visant à éclairer la lecture des études de dangers et à harmoniser le vocabulaire utilisé dans ces études.

Source :

*Circulaire n° DPPR/SEI2/MM-05-0316 du 7 octobre 2005 relative aux Installations classées – Diffusion de l'arrêté ministériel 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.*

### 1. NOTIONS DE DANGERS, RISQUES ET COROLLAIRES

| TERME                         | DEFINITION   |
|-------------------------------|--|
| <b>Aléa</b>                   | <p>Probabilité qu'un phénomène accidentel produise en un point donné des effets d'une intensité donnée, au cours d'une période déterminée. L'aléa est donc l'expression, pour un type d'accident donné, du couple (Probabilité d'occurrence x Intensité des effets). Il est spatialisé et peut être cartographié. (Circulaire du 02/10/03 du MEEDDAT sur les mesures d'application immédiate introduites par la loi n° 2003-699 en matière de prévention des risques technologiques dans les installations classées).</p> <p>NB : Notion utilisée principalement pour les PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques)</p>   |
| <b>Acceptation du risque</b>  | <p>"Décision d'accepter un risque". L'acceptation du risque dépend des critères de risques retenus par la personne qui prend la décision [1] (ISO/CEI 73). Le regard porté par cette personne tient compte du "ressenti" et du "jugement" qui lui sont associés.</p> <p>NB : Notion ne figurant pas dans les textes relatifs aux installations classées, mais utilisé dans d'autres domaines ou à l'étranger.</p>  |
| <b>Analyse du risque</b>      | <p>"Utilisation systématique d'informations pour identifier les phénomènes dangereux et pour estimer le risque [en découlant, ndr]» (ISO/CEI 73)</p>   |
| <b>Appréciation du risque</b> | <p>"Ensemble du processus d'analyse du risque et d'évaluation du risque" (ISO/CEI 73).</p>   |
| <b>Danger</b>                 | <p>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] ;</p>  |
| <b>Évaluation du risque</b>   | <p>"Processus de comparaison du risque estimé avec des critères de risque donnés pour déterminer l'importance du risque" (ISO/CEI 73).</p> <p>La comparaison peut être menée par rapport à un référentiel préétabli dans l'objectif de permettre la prise de décision vis-à-vis de l'acceptation du risque ou de la nécessité de son traitement.</p> <p>Elle peut considérer le coût, les avantages, les préoccupations des parties prenantes, et d'autres variables requises selon le cas pour l'évaluation du risque.[FD ISO/CEI Guide 73].</p> <p>Signification ou "valeur" attribuée au risque estimé par les personnes concernées, en tenant compte de la perception qui en est faite ; cette estimation ou évaluation du risque est souvent réalisée selon deux composantes, la probabilité et les conséquences potentielles d'un risque, par exemple sur une grille de criticité.</p> |

### 1. NOTIONS DE DANGERS, RISQUES ET COROLLAIRES (SUTIE ET FIN)

| TERME                      | DEFINITION   |
|----------------------------|--|
| <b>Potentiel de danger</b> | <p>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.</p>   |
| <b>Réduction du risque</b> | <p>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 quantités mises en oeuvre, atténuation des conditions de procédés (T°, P...), simplification du système.... la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation (ex : rideau d'eau pour abattre un nuage toxique, limitant son extension à des concentrations dangereuses) La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque "à la source", ou réduction de l'aléa. Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, dont PPRT, ou par les plans d'urgence externes).</p>   |
| <b>Risque toléré</b>       | <p>La "tolérabilité" du risque résulte d'une mise en balance des avantages et des inconvénients (dont les risques) liés à une situation, situation qui sera soumise à révision régulière afin d'identifier, au fil du temps et chaque fois que cela sera possible, les moyens permettant d'aboutir à une réduction du risque. La norme EN 61508 - 5 en son annexe A (§A2) indique "la détermination du risque tolérable pour un événement dangereux a pour but d'établir ce qui est jugé raisonnable eu égard à la fréquence (ou probabilité) de l'événement dangereux et à ses conséquences spécifiques. Les systèmes relatifs à la sécurité sont conçus pour réduire la fréquence (ou probabilité) de l'événement dangereux et/ou les conséquences de l'événement dangereux".</p> <p>NB : Notion ne figurant pas dans les textes relatifs aux installations classées, mais utilisé dans d'autres domaines.</p>   |
| <b>Risque</b>              | <p>"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). 1/ Possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux. Dans le contexte propre au "risque technologique", le risque est, pour un accident donné, la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté/final considéré (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences sur des éléments vulnérables. 2 / Espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier. Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité [ISO/CEI Guide 51]. Le risque constitue une "potentialité". Il ne se "réalise" qu'à travers "l'événement accidentel", c'est-à-dire à travers la réunion et la réalisation d'un certain nombre de conditions et la conjonction d'un certain nombre de circonstances qui conduisent, d'abord, à l'apparition d'un (ou plusieurs) élément(s) initiateur(s) qui permettent, ensuite, le développement et la propagation de phénomènes permettant au "danger" de s'exprimer, en donnant lieu d'abord à l'apparition d'effets et ensuite en portant atteinte à un (ou plusieurs) élément(s) vulnérable(s). Le risque peut être décomposé selon les différentes combinaisons de ses trois composantes que sont l'intensité, la vulnérabilité et la probabilité (la cinétique n'étant pas indépendante de ces trois paramètres) : Intensité x Vulnérabilité = gravité des dommages ou conséquences Intensité x Probabilité = aléa Risque = Intensité x Probabilité x Vulnérabilité = Aléa x Vulnérabilité = Conséquences x Probabilité Dans les analyses de risques et les études de dangers, le risque est généralement qualifié en Gravité (des Conséquences) x Probabilité, par exemple dans une grille P x G, alors que pour les PPRT, il l'est selon les deux composantes Aléa x Vulnérabilité (par type d'effet : thermique, toxique, surpression et projection).</p> |
| <b>Sécurité – Sûreté</b>   | <p>Dans le cadre des installations classées, on parle de sécurité des installations vis-à-vis des accidents et de sûreté vis-à-vis des attaques externes volontaires (type malveillance ou attentat) des intrusions malveillantes et de la malveillance interne. Par parallèle avec le secteur nucléaire, on utilise parfois l'expression "sûreté de fonctionnement" dans les installations classées, qui se rapporte en fait à la maîtrise des risques d'accident, donc à la sécurité des installations.</p>  |

## 2. ÉVÉNEMENTS ET ACCIDENTS

| TERME                                   | DEFINITION  |
|---|---|
| <b>Accident</b>                         | <p>Événement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence de cibles vulnérables exposées aux effets de ce phénomène.</p> <p>Ex : accident : "N blessés et 1 atelier détruit suite à l'incendie d'un réservoir de 100 tonnes de fuel".</p>  |
| <b>Accident majeur</b>                  | <p>"Événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement, entraînant pour les intérêts visés à l'article L.511-1 du code de l'environnement, des conséquences graves, immédiates ou différées, et faisant intervenir une ou plusieurs substances ou des préparations dangereuses.» (arrêté du 10 mai 2000 modifié) NB : La définition utilisée pour les installations classées (dans l'arrêté du 10 mai 2000 modifié), se limite aux intérêts visés au L.511-1 du CE, à l'exclusion des dommages internes à l'établissement, qui peuvent également être importants (et relèvent du code du travail pour ce qui est des conséquences sur les personnes à l'intérieur de l'établissement).</p>                                       |
| <b>Cinétique</b>                        | <p>Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Cf. articles 5 à 8 de l'arrêté du 29/09/2005.</p>  |
| <b>Conséquences</b>                     | <p>Combinaison, pour un accident donné, de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des cibles situées dans les zones exposées à ces effets. Elles s'expriment en définissant la nature et la gravité des atteintes portées à ceux-ci. Le terme "dommages" est parfois employé pour désigner les conséquences : "Blessure physique ou atteinte à la santé des personnes, ou atteintes aux biens ou à l'environnement" (ISO/CEI 51). N.B. : les effets, éléments bien réels, n'entraînent cependant de dommages/conséquences que si des éléments vulnérables sont présents (probabilité de présence et durée d'exposition) et si les valeurs des paramètres qui caractérisent les effets (intensité, durée des effets,...) débordent les valeurs des critères caractérisant la vulnérabilité des "éléments vulnérables" susceptibles d'être affectés.</p> |
| <b>Effets dominos</b>                   | <p>Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène. [effet domino = "accident" initié par un "accident"].</p>   |
| <b>Effets d'un phénomène dangereux</b>  | <p>Ce terme décrit les caractéristiques des phénomènes physiques, chimiques,... associés à un phénomène dangereux concerné : flux thermique, concentration toxique, surpression....</p>   |
| <b>Éléments vulnérables (ou enjeux)</b> | <p>Éléments tels que les personnes, les biens ou les différentes composantes de l'environnement susceptibles, du fait de l'exposition au danger, de subir, en certaines circonstances, des dommages. Le terme de "cible" est parfois utilisé à la place d'élément vulnérable. Cette définition est à rapprocher de la notion "d'intérêt à protéger" de la législation sur les installations classées (art. L.511-1 du Code de l'Environnement).</p>   |
| <b>Événement initiateur</b>             | <p>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. Dans la représentation en "nœud papillon" (ou arbre des causes), cet événement est situé à l'extrémité gauche.</p>  |
| <b>Événement redouté central</b>        | <p>Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés "phase pré-accidentelle" et les événements situés en aval "phase post-accidentelle".</p>  |



## 2. ÉVÉNEMENTS ET ACCIDENTS (SUITE)

| TERME   | DEFINITION   |
|---|--|
| <b>Gravité</b>  | <p>On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition de cibles 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 personnes potentiellement exposées.</p> <p>Exemple d'intensité (ou gravité potentielle) : le flux thermique atteint la valeur du seuil d'effet thermique létal à 50m de la source du flux.</p>  |
| <b>Intensité des effets d'un phénomène dangereux</b>  | <p>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 cibles] 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 de cibles exposées.</p>  |
| <b>Lignes de défense</b>  | <p>Ensemble des dispositions adoptées en matière de conception, construction et modalités d'exploitation incluant les mesures d'urgence internes et externes, afin de prévenir l'occurrence et limiter les effets d'un phénomène dangereux et conséquences d'un accident potentiel associé.</p>  |
| <b>Phénomène dangereux (ou phénomène redouté)</b>   | <p>Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29/09/2005, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une "Source potentielle de dommages" (ISO/CEI 51)</p> <p>Note : un phénomène est une libération de tout ou partie d'un potentiel de danger, la concrétisation d'un aléa.</p> <p>Ex de phénomènes : "incendie d'un réservoir de 100 tonnes de fuel provoquant une zone de rayonnement thermique de 3 kW/m<sup>2</sup> à 70 mètres pendant 2 heures.", feu de nappe, feu torche, BLEVE, Boil Over, explosion, (U)VCE, dispersion d'un nuage de gaz toxique...</p> |
| <b>Probabilité conditionnelle d'exposition d'une cible à un effet donné, pour une intensité donnée d'un phénomène dangereux</b> | <p>Probabilité que la cible soit atteinte par l'effet à l'intensité considérée, compte tenu des mesures de mise à l'abri éventuelles, considérant que le phénomène s'est produit.</p>  |
| <b>Probabilité d'accident de conséquences C découlant d'un phénomène dangereux</b>  | <p>Elle est égale à la combinaison de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la probabilité d'occurrence du phénomène par</li> <li>- l'agrégation des probabilités conditionnelles des différents scénarios d'exposition des cibles (= différentes possibilités de mise à l'abri d'un certain nombre de personnes), sachant que le phénomène dangereux s'est produit, conduisant à une conséquence conventionnelle C.</li> </ul>   |
| <b>Probabilité d'occurrence</b>   | <p>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.</p>  |

## 2. ÉVENEMENTS ET ACCIDENTS (SUITE ET FIN)

| TERME  | DEFINITION  |
|--|---|
| <b>Probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux</b> | Cette probabilité est obtenue par agrégation des probabilités des scénarios conduisant à un même phénomène, ce qui correspond à la combinaison des probabilités de ces scénarios selon des règles logiques (ET/OU). Elle correspond à la probabilité d'avoir des effets d'une intensité donnée (et non des conséquences)  |
| <b>Risques résiduel</b>                                  | "Risque subsistant après le traitement du risque" (ISO/CEI 73), "Risque subsistant après que des mesures de prévention aient été prises" (ISO/CEI 51).<br>Note : le terme 'mesures de prévention' est ici à prendre au sens de l'ensemble des mesures permettant de réduire le risque à la source, ce terme étant traduit de l'anglais.   |
| <b>Scénario d'accident (majeur)</b>                      | 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.  |
| <b>Scénario maximum physiquement possible (SMPP)</b>     | Le scénario maximum physiquement possible (SMPP) doit être quantifié pour cerner le potentiel de danger inhérent à l'installation étudiée. Il se rapporte à un accident majeur susceptible de se produire pour un équipement particulier, sans qu'aucun système de prévention ou de protection ne vienne influencer son développement ou limiter ses conséquences.  |
| <b>Scénario maximum vraisemblable (SMV)</b>              | Le scénario maximum vraisemblable (SMV), ou scénario de référence, est quantifié à l'issue de l'analyse détaillée des risques. Il intègre l'état de l'art en termes de conception, d'exploitation et mesures passives de réduction des risques.   |
| <b>Traitement du risque</b>                              | "Processus de sélection et de mise en oeuvre des mesures visant à modifier le risque" (ISO/CEI 73)  |
| <b>Vulnérabilité</b>                                     | 1/"vulnérabilité d'une cible à un effet x" (ou "sensibilité") : facteur de proportionnalité entre les effets auxquels est exposé un élément vulnérable (ou cible) et les dommages qu'il subit.<br>2/"vulnérabilité d'une zone" : appréciation de la présence ou non de cibles ; vulnérabilité moyenne des cibles présentes dans la zone.<br>La vulnérabilité d'une zone ou d'un point donné est l'appréciation de la sensibilité des éléments vulnérables [ou cibles] présents dans la zone à un type d'effet donné. Par exemple, on distinguera des zones d'habitat, des zones de terres agricoles, les premières étant plus vulnérables que les secondes face à un aléa d'explosion en raison de la présence de constructions et de personnes. (Circulaire du 02/10/03 du MEEDDAT sur les mesures d'application immédiate introduites par la loi n° 2003-699 en matière de prévention des risques technologiques dans les installations classées).<br>NB : zone d'habitat et zone de terres agricoles sont deux types d'enjeux. On peut différencier la vulnérabilité d'une maison en parpaings de celle d'un bâtiment largement vitré. |

### 3. FONCTIONS ET BARRIERES DE SECURITE

| TERME   | DEFINITION   |
|---|--|
| <b>Élément Important pour la Sécurité (IPS)</b>                                       | <p>Ces éléments peuvent être des équipements (vannes, lignes de mesures...), dispositifs de sécurité ou groupe de dispositifs de sécurité, des tâches, des opérations réalisées par un individu, des procédures (formation, habilitation, fabrication, intervention...), ou des paramètres. La sélection de ces éléments est faite par l'exploitant selon une méthodologie qu'il explicite, en lien avec l'analyse de risques, dans un objectif de maîtrise des risques majeurs dans toutes les phases d'exploitation des installations, y compris en situation dégradée. Ces éléments doivent être testables et une traçabilité doit être assurée, ainsi que l'interface avec le SGS. Pour être qualifiés d'IPS, un élément doit être choisi parmi les barrières de sécurité destinées à prévenir l'occurrence ou à limiter les effets d'un événement redouté central susceptible de conduire à un accident majeur. Ils doivent être disponibles et fiables, caractéristiques qui peuvent être appréciées à travers les principes suivants : principes de concept éprouvé, de sécurité positive, de tolérance à la première défaillance, de résistance aux contraintes spécifiques, de testabilité et d'inspection-maintenance spécifique. (cf. rapport INERIS W-6 de mai 2003 et document technique 65 de l'UIC de décembre 1999).</p> |
| <b>Efficacité (pour une barrière de sécurité) ou capacité de réalisation</b>          | <p>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 barrière de sécurité. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.</p>   |
| <b>Fonction de sécurité</b>   | <p>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 de barrières techniques de sécurité, de barrières humaines (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux. Une même fonction peut être assurée par plusieurs barrières de sécurité.</p>   |
| <b>Indépendance d'une barrière</b>  | <p>Faculté d'une barrière, 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 barrières, 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.</p>   |
| <b>Limitation</b>   | <p>Mesures visant à limiter les effets d'un phénomène dangereux, sans en modifier la probabilité d'occurrence. Ceci peut être réalisé par des mesures passives (ex : mur coupe feu, confinement d'une unité), automatiques (ex : fermeture de vannes asservie à une détection gaz, rideaux d'eau à déclenchement asservi à une détection) ou actives (plan d'urgence interne).</p>   |
| <b>Mesure de sécurité (ou barrière de sécurité ou mesure de maîtrise des risques)</b> | <p>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 : mesure visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité. Risque de confusion : Fonction et barrière, ligne de défense et barrière. NB : ne pas confondre barrière redondante et deux barrières (ex : vanne manuelle + vanne automatique = 1 barrière redondante et non 2 barrières).</p>  |

### 3. FONCTIONS ET BARRIERES DE SECURITE (SUITE)

| TERME  | DEFINITION  |
|--|---|
| <b>Mesure de sécurité "complémentaires" - "supplémentaires"</b>                          | Dans les textes, on distingue les mesures de sécurité complémentaires, mises en place par l'exploitant à sa charge, des mesures supplémentaires éventuellement mises en place, faisant l'objet d'un financement tripartite tel que mentionné à l'article L.515-19 du code de l'environnement.   |
| <b>Niveau de confiance [notion utilisée dans certaines méthodes d'analyse de risque]</b> | Le niveau de confiance est l'architecture (redondance éventuelle) et la classe de probabilité, inspirés des normes NF EN 61-508 et CEI 61-511, pour qu'une barrière, dans son environnement d'utilisation, assure la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie. Cette classe de probabilité est déterminée pour une efficacité et un temps de réponse donnés. Ce niveau peut être déterminé suivant les normes NF EN 61-508 et CEI 61-511 pour les systèmes instrumentés de sécurité. |
| <b>Performance des barrières de sécurité</b>   | L'évaluation de la performance se fait au travers de leur efficacité, de leur temps de réponse et de leur niveau de confiance au regard de leur architecture (en référence à la norme EN NF 61 508, des pratiques de maintenance, des pratiques des tests...).  |
| <b>Prévention</b>  | Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.  |
| <b>Principe de "concepts éprouvés"</b>   | Un équipement est dit de conception éprouvée lorsqu'il est utilisé depuis plusieurs années sur des sites industriels et que le retour d'expérience sur son application est bon, ou qu'il a subi des tests de "qualification" par l'utilisateur ou d'autres organismes (rapport INERIS W-10 de mars 2005). Ce principe doit être utilisé avec précaution, car il n'inclut pas les facteurs autres que la conception (contexte et historique d'utilisation sur un site donné, organisation.....).   |
| <b>Principe d'inspection - maintenance spécifique</b>                                    | Une organisation doit être mise en place (dans le cadre du SGS) afin de s'assurer de la pérennité des principes.  |
| <b>Principe de sécurité positive (ou sécurité à manque)</b>                              | Un équipement est dit "à sécurité positive" lorsqu'une perte du fluide moteur (dont électricité) ou des utilités conduit l'équipement à se mettre en situation sécuritaire stable ; la position de sécurité du système doit être maintenue dans le temps.   |
| <b>Principe de résistance aux contraintes spécifiques</b>                                | Les dispositifs assurant la fonction de sécurité doivent être conçus de manière à résister aux contraintes spécifiques internes (par exemple liées aux produits manipulés, à l'exploitation...) et externes (liées à l'environnement du système, par exemple météo...).   |
| <b>Principe de tolérance aux anomalies matérielles</b>                                   | Une fonction de sécurité est considérée comme "tolérante à une anomalie" lorsque le dysfonctionnement d'un des éléments qui la composent ne perturbe pas sa réalisation.  |
| <b>Principe de testabilité</b>   | Les dispositifs, et en particulier les chaînes de transmission, doivent être conçus pour permettre de s'assurer périodiquement par test de leur efficacité.   |
| <b>Principe de tolérance à la première défaillance</b>                                   | Une fonction de sécurité devra rester disponible en cas de défaillance unique d'un des éléments assurant cette fonction. La redondance est un moyen d'atteindre cet objectif.   |

**3. FONCTIONS ET BARRIERES DE SECURITE (SUITE ET FIN)**

| TERME  | DEFINITION  |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Protection</b></p>       | <p>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. NB : des mesures de protection peuvent être mises en oeuvre "à titre préventif", avant l'accident, comme par exemple un confinement. La maîtrise de l'urbanisation, visant à limiter le nombre de personnes exposées aux effets d'un phénomène dangereux, et les plans d'urgence visant à mettre à l'abri les personnes sont des mesures de protection.</p>   |
| <p style="text-align: center;"><b>Redondance</b></p>       | <p>Existence, dans une entité, de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise (CEI6271-1974)</p>  |
| <p style="text-align: center;"><b>Temps de réponse</b></p> | <p>(pour une barrière de sécurité) : 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 oeuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.</p> <p>Ex : Un rideau d'eau alimenté par un réseau, avec vanne pneumatique/motorisée asservie à une détection ammoniac, dont la fonction de sécurité est d'abattre 80% de la fuite d'ammoniac a un temps de réponse égal à la durée séparant l'envoi de la commande à la vanne du moment où le rideau fonctionne en régime permanent (en supposant qu'il est correctement dimensionné pour abattre 80% de la fuite réelle). Sur cet exemple, la cinétique de mise en oeuvre correspond à l'ensemble de la durée entre l'apparition de la fuite, sa détection, le traitement du signal de détection ajouté au temps de réponse.</p> |

## **ANNEXE 2 : 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).

### **11.7. SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES LIES A LA GLACE (G01 ET G02)**

#### **11.7.1. SCENARIO 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.

#### **11.7.2. SCENARIO 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.

### **11.8. SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A I07)**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **11.9. SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUTES (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, ...).

### **11.9.1. SCENARIO 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.

### **11.9.2. SCENARIO F02**

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

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- ◆ Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- ◆ Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

## **11.10. 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.

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

#### **11.11.1. SCENARIO 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.

#### **11.11.2. SCENARIO P02**

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

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

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

#### **11.11.3. SCENARIOS 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.

### **11.12. 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, ...



**ANNEXE 3 : 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 :

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

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

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

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

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

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

Par souci de simplification, la probabilité d'accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l'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   | $5 \cdot 10^{-2}$   | $5 \cdot 10^{-2}$ (A)   |
| Chute d'éléments                     | $10^{-3}$   | $1,8 \cdot 10^{-2}$ | $1,8 \cdot 10^{-5}$ (D) |
| Projection de tout ou partie de pale | $10^{-4}$   | $10^{-2}$           | $10^{-6}$ (E)           |
| Projection de morceaux de glace      | $10^{-2}$   | $1,8 \cdot 10^{-6}$ | $1,8 \cdot 10^{-8}$ (E) |

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

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

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>NEOEN</b><br/> <b>PARC EOLIEN NORD VAL DE<br/> L'INDRE A ARGY ET SOUGE (36)</b></p> | <p style="text-align: center;"><b>ETUDE DE DANGERS</b></p> | <p style="text-align: right;">Page 98 sur 102</p> |
|---|--|---|

#### **ANNEXE 4 : 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 et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois 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

**ANNEXE 5 : LETTRE DE LA DIRECTION GENERALE DE LA PREVENTION DES RISQUES – GUIDE TECHNIQUE D'ELABORATION DE L'ETUDE DE DANGERS DANS LE CADRE DE PARCS EOLIENS (VERSION MAI 2012)**



12 JUIN 2012

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE  
L'ÉNERGIE

*Direction Générale de la Prévention des Risques*

Paris, le 04 juin 2012

*Service des Risques Technologiques*  
*Sous-direction des risques accidentels*  
*Bureau des risques*  
*technologiques et des*  
*industries chimiques et*  
*pétrolières*

Référence : BRTICP/2012-196/NC  
Vos réf. :

Affaire suivie par :  
Noël CELLARIER  
Tél : 01 40 81 89 92 - Fax : 01 40 81 90 39  
noel.cellarier@developpement-durable.gouv.fr

**Objet :** Guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (version mai 2012).

Monsieur le Président,

Vous avez bien voulu me transmettre le 25 mai 2012 la version définitive du guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens. Ce guide a pour vocation d'accompagner les différents acteurs de l'éolien dans l'élaboration de l'étude de dangers exigée pour les installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées.

Je vous informe que ce guide correspond aux exigences de la réglementation en matière d'évaluation des risques et semble parfaitement adapté aux installations visées. Ce guide peut constituer un référentiel commun à l'ensemble de la profession ainsi qu'à nos services instructeurs pour l'analyse des études de dangers ainsi réalisées. Il ne doit néanmoins pas exonérer chaque porteur de projet de vérifier à chaque fois les informations qui sont pertinentes pour son projet.

Copie : Mmes et MM les Directeurs Régionaux de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, les Directeurs de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement et M. le Directeur Régional et Interdépartemental de l'Environnement et de l'Énergie d'Île-de-France

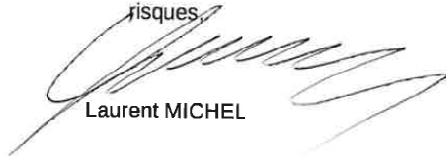
Monsieur le président du Syndicat des énergies renouvelables  
Syndicat des énergies renouvelables  
13-15 rue de la Baume  
75008 Paris

Présent  
pour  
l'avenir

Je vous informe que je mets en copie de ce courrier l'ensemble des DREAL, DEAL et la DRIEE qui sont chargées de l'instruction des demandes d'autorisation d'exploiter. Je vous invite de votre côté à en faire la diffusion la plus large auprès de vos adhérents.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Président, l'expression de ma considération distinguée.

Le directeur général de la prévention des  
risques,



Laurent MICHEL

**ANNEXE 6 : REponse DU CONSEIL GENERAL DE L'INDRE SUR LE COMPTAGE ROUTIER DE LA RD28E**



RE: Comptages D28E  
JLOEUILLET

A :

GJAMET, gaelle.marmie

24/10/2012 10:43

Masquer les détails

De : <JLOEUILLET@CG36.fr>

A : <GJAMET@CG36.fr>, <gaelle.marmie@apave.com>,

Bonjour,

Désolé, nous ne disposons pas de comptage sur la RD 28E à Sougé.

Pour information, je vous communique le [trafic journalier](#) enregistré sur la RD 28 à Sougé non loin de la RD 28E : 300 tous véhicules dont 20 PL (année 2011).

Cordialement.

---

**De :** JAMET Gilles

**Envoyé :** mardi 23 octobre 2012 08:46

**À :** LOEUILLET James; 'gaelle.marmie@apave.com'

**Objet :** Comptages D28E

James

APAVE demande si nous avons des données de trafic sur la RD 28E à SOUGE

Contact : Gaëlle MARMIE, Tel : 05 59 72 89 49

Merci de lui donner une reponse

**ANNEXE 7 : ATTESTATION D'UN CONTROLEUR DE L'APAVE CONCERNANT LES REGLES PARASISMIQUES**