



*Etude de dangers du parc éolien « Le Louveng »
Résumé non technique*

Version définitive Avril 2013

rpGLOBAL

Table des matières

Avant-propos.....	4
<i>I. Le parc éolien « le Louveng ».....</i>	<i>5</i>
I.1. Définition d'un parc éolien.....	5
I.2. Description générale du parc éolien « Le Louveng »	7
I.2.1. Environnement Humain	7
I.2.2. Environnement Naturel.....	8
<i>II. Présentation de la méthodologie pour l'analyse des risques</i>	<i>10</i>
II.1. Définition de la zone d'étude	10
II.2. Analyse préliminaire des risques.....	12
II.3. Analyse détaillée des risques	14
II.3.1. Méthodologie et Définitions	14
II.3.2. Les principaux résultats de l'analyse détaillée des risques	16

<i>III. Hiérarchisation des scénarios d'accident en fonction de l'estimation de leur probabilité d'occurrence, de la gravité de leur conséquence et de leur cinétique de développement</i>	27
III.1. Synthèse de l'étude détaillée des risques	27
III.2. La matrice de criticité	28
<i>IV. Description des principales mesures d'amélioration permettant la réduction des risques</i>	29
IV.1. Définitions	29
IV.2. Tableau récapitulatif des mesures d'amélioration.....	30
<i>V. Cartographie de synthèse précisant la nature et les effets des accidents majeurs avant et après réduction des risques</i>	31
Conclusion	33

Avant-propos

Le parc éolien « Le Louveng » comprend plusieurs aérogénérateurs dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m. Cette installation est donc soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers dans le cadre de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Ce résumé non technique répond aux exigences réglementaires (article R. 512-9 du Code de l'environnement). Il fournit de façon synthétique et non technique les éléments contenus dans l'étude de dangers à savoir :

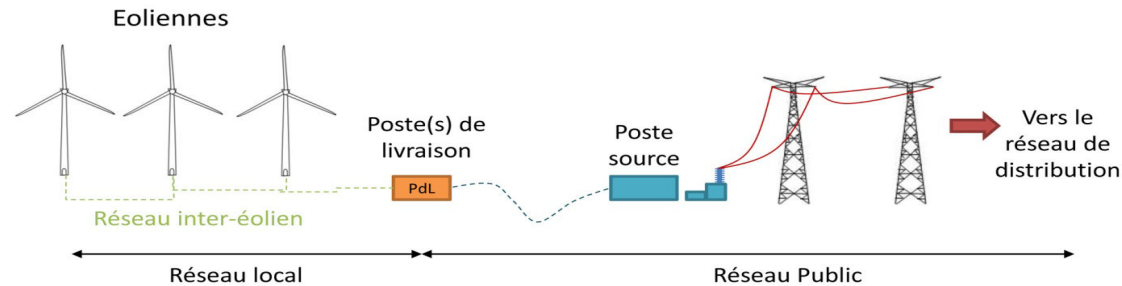
- La méthodologie de l'analyse des risques
- Une analyse des risques potentiels pouvant intervenir lors de l'exploitation d'un parc éolien
- Les mesures de sécurité permettant de réduire ces risques
- Une cartographie de synthèse

Ce document permet donc de se faire une idée générale sur les risques potentiels liés à l'exploitation du parc éolien « Le Louveng ». Chacun pourra ensuite, s'il le désire, consulter l'étude de dangers complète, validée par le conseil d'administration de l'association France Energie Eolienne (FEE) et par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR).

I. LE PARC ÉOLIEN « LE LOUVENG »

I.1. DÉFINITION D'UN PARC ÉOLIEN

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent, raccordé au réseau électrique national. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et d'éléments annexes.



Source : Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens, Juin 2012

Un parc éolien est donc composé de différents éléments :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage »
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, regroupant l'électricité produite par les éoliennes
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public)
- Un réseau de chemins d'accès
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

Les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis, dans l'arrêté du 26 août 2011, comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât reposant sur une fondation béton, une nacelle positionnée au sommet du mât (qui pivote et qui peut s'orienter à 360° pour toujours positionner le rotor perpendiculairement au vent), le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

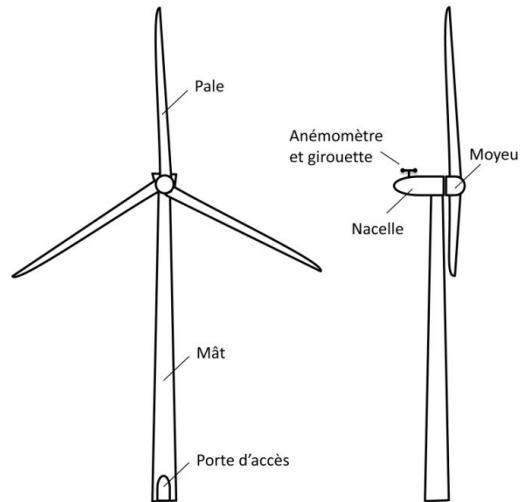


Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Source : Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens, Juin 2012

La société « Le Louveng » se propose d'implanter un parc éolien de **5 aérogénérateurs** d'une puissance nominale comprise entre **2,05 et 2.5 MW**. La puissance totale du parc se situe entre **10 et 12.5 MW** (selon le type d'éolienne choisi).

Dans le cadre de ce projet, **trois modèles d'aérogénérateurs de même gabarit sont envisagées par le porteur de projet**, celui-ci se laissant le choix définitif ultérieur :

- V90 HH80 de Vestas (2MW),

- MM92 HH80 de REpower (2.05MW)

- N90 HH80 de Nordex (2.5MW)

I.2. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PARC ÉOLIEN « LE LOUVENG »



Photographie 1 : Photomontage du parc éolien « Le Souffle des Pellicornes » (Source : ETD, 2012)

I.2.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

Le parc éolien « Le Louveng », composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste de livraison (Carte 1 ci-dessous), est localisé sur les communes de Louvignies-Quesnoy (59530) et d'Englefontaine (59530), dans le département du Nord (59), en région Nord-Pas-de-Calais (voir tableau 1 ci-dessous).

Communes	Code INSEE	Code postal	Nombre d'habitants (Recensement 2008)	Superficie (Km ²)	Altitude (m)
LOUVIGNIES-QUESNOY	59363	59530	959	8.43	148
ENGLEFONTAINE	59194	59530	1329	4.62	152

Tableau 1 : Caractéristiques des communes de Louvignies-Quesnoy et d'Englefontaine (59363 - 59194)

Les communes de Louvignies-Quesnoy et d'Englefontaine appartiennent à la communauté de communes du Quercitain.

Ce territoire est situé dans la zone de transition entre les paysages d'openfield du Cambrésis, à l'ouest, et les paysages bocagers de la Thiérache qui commencent à l'est, en même temps que l'altitude augmente.

Les habitations les plus proches se trouvent à une distance 570 mètres du parc éolien ce qui est supérieur aux 500 mètres exigés par la loi Grenelle II.

I.2.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

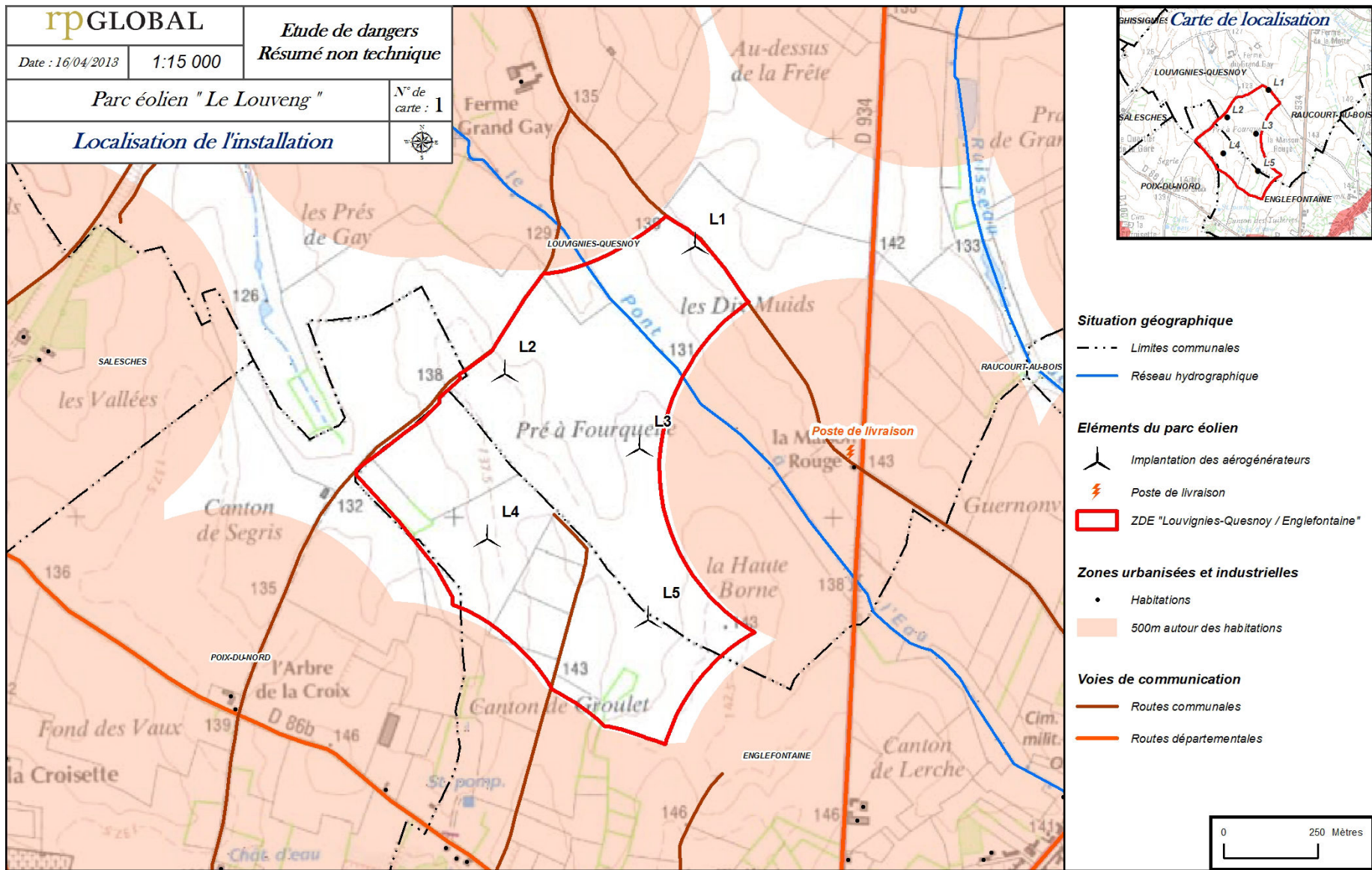
Les vents dominants et avec les vitesses les plus importantes proviennent du Sud-Ouest. En revanche le vent provient peu d'une orientation d'Est.

Le climat est de type océanique avec des influences continentales plus ou moins marqués localement (Température moyenne de 9,8°C).

La pluviométrie varie entre 550-600 mm au Nord et au Sud et 800 mm au centre de la région Nord Pas-de-Calais.

Les risques naturels (sismique, mouvements de terrain, inondations,...) demeurent très faibles sur les communes de Louvignies-Quesnoy et d'Englefontaine.

Etude de dangers du parc éolien « Le Louveng »
Résumé non technique



II. PRÉSENTATION DE LA MÉTHODOLOGIE POUR L'ANALYSE DES RISQUES

Cette méthodologie répond aux exigences ministérielles en utilisant la méthode préconisée par le guide technique nationale relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien (parue en Juin 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.

L'analyse des risques se fait donc en 3 temps :

- Définition de l'aire d'étude
- Analyse préliminaire des risques
- Analyse détaillée des risques.

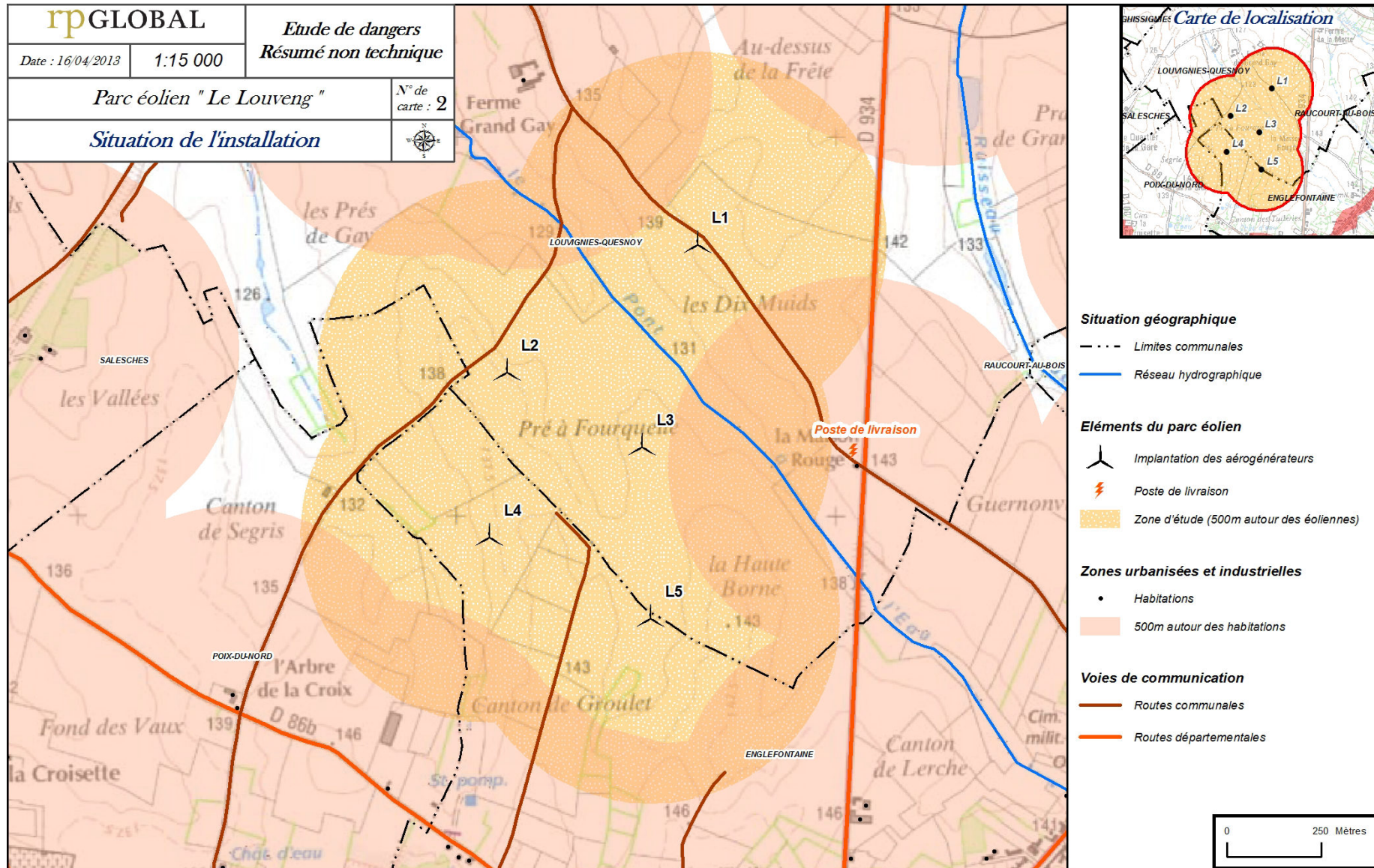
L'ensemble de cette analyse permet d'identifier et de hiérarchiser les scénarios d'accidents majeurs en fonction de plusieurs critères et de décrire les mesures de sécurités permettant d'empêcher ces scénarios ou d'en limiter les effets pour l'environnement.

II.1. DÉFINITION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude correspond à la zone sur laquelle l'effet des différents scénarios d'accidents est possible.

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien (plusieurs éoliennes séparées de plusieurs centaines de mètres), 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 (cf. carte n°2 ci-dessus). 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).

**Etude de dangers du parc éolien « Le Louveng »
Résumé non technique**



II.2. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

Cette première analyse permet d'identifier tous les scénarios d'accident potentiels pour une installation :

- ✓ *Projection de tout ou une partie de pale*
- ✓ *Chute d'éléments de l'éolienne*
- ✓ *Chute de glace*
- ✓ *Projection de glace*
- ✓ *Incendies de l'éolienne*
- ✓ *Incendie du poste de livraison ou du transformateur*
- ✓ *Chute et projection de glace (Températures hivernales > 0°C)*
- ✓ *Infiltration d'huile dans le sol*
- ✓ *Effondrement de l'éolienne*

Pour cette étude, un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels est réalisé. Cette analyse est complétée par les retours d'expérience disponibles concernant les accidents qui se sont produits sur ce type d'installation.

L'analyse préliminaire des risques va permettre de filtrer les scénarios d'accident qui engendrent des effets mineurs sur l'environnement proche de l'aérogénérateur et qui ne seront pas retenus dans l'analyse détaillée des risques. Le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation (mesures de sécurité et de prévention, nouvelle technologie) permet ainsi d'écarter ces quatre catégories de scénarios (Cf. tableau 2).

Nom du scénario exclu	Justifications
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 ² 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. 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 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif de l'analyse des risques (Source : Guide de l'étude de dangers des parcs éoliens, Juin 2012)

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'analyse détaillée des risques seront donc 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***

Pour chacun de ces scénarios, une étude complète concernant les causes (événement initiateur) ainsi que les séquences (événements intermédiaires) pouvant amener à un accident a été réalisée.

II.3. ANALYSE DÉTAILLÉE DES RISQUES

II.3.1. METHODOLOGIE ET DEFINITIONS

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. Elle permet ainsi de vérifier l'acceptabilité des risques potentiels générés par l'installation.

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.

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.

→ **Un accident** est un 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 ou dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général.

→ **La cinétique d'un accident** est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide.

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

→ **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

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

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

→ **La détermination du nombre de personnes permanentes** (circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers) : Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

→ **Les seuils de gravité** sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

→ L'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
A	<i>Courant</i>	$P > 10^{-2}$
B	<i>Probable</i>	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	<i>Improbable</i>	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	<i>Rare</i>	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	<i>Extrêmement rare</i>	$\leq 10^{-5}$

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

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

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

→ Pour conclure, **l'acceptabilité des accidents potentiels** est définie par l'intermédiaire d'une matrice de criticité (la circulaire du 10 mai 2010).

II.3.2. LES PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

Dans le cadre de l'étude de danger du parc éolien « Le Louveng », trois types d'aérogénérateurs vont faire l'objet d'une étude détaillée des risques. Ci-dessous, un tableau récapitulatif des caractéristiques de ces trois modèles :

Type d'éoliennes à l'étude	Hauteur mât + nacelle (H)	Hauteur de moyeu (H1)	Hauteur totale en bout de pale (H2)	Diamètre de rotor (D)	Longueur de pale (R)	Largeur de mât (L)	Largeur de base de la pale (LB)
Vestas - V90 HH80 2MW	81.95m	80m	125m	90m	44m	4.2m	3.5m
REpower - MM 92 HH80 2.05MW	82.05m	80m	126m	92.5m	45.2m	4.3m	5m
Nordex - N90 HH80 2.5MW	81.8m	80m	125m	90m	43.8m	4m	2.4m

❖ Chute de glace

➔ **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 (D/2 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 « Le Louveng ».

Z_i est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale, SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1 \text{ m}^2$).

Types d'éoliennes	Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Vestas V90 HH80 (2MW)	$Z_i = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	1	6079	< 1% (0.02%)	Exposition modérée
REpower MM92 HH80 (2.05MW)	$Z_i = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	1	6415	< 1% (0.02%)	Exposition modérée
Nordex N90 HH80 (2.5MW)	$Z_i = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	1	6023.9	< 1% (0.02%)	Exposition modérée

➔ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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 :

*Etude de dangers du parc éolien « Le Louveng »
Résumé non technique*

- 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 :

<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Pour les éoliennes L1 à L5	< 1	Modérée

Dans le périmètre délimité par la zone de survol de l'éolienne, le terrain est aménagé et peu fréquenté (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1.

La gravité sera donc « Modérée ».

→ 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, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
Pour les éoliennes L1 à L5	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien « Le Louveng », le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

❖ Effondrement de l'éolienne

➔ **Zone d'effet**

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 125 m pour les 3 modèles d'aérogénérateurs du parc éolien « Le Louveng ».

➔ **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.

Types d'éoliennes	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Vestas V90 HH80 (2MW)	$Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	575.2	49811	1.2% (1% ≤ x < 5%)	Exposition forte
REpower MM92 HH80 (2.05MW)	$Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	691.8	50845	1,4% (1% ≤ x < 5%)	Exposition forte
Nordex N90 HH80 (2.5MW)	$Z_i = (H) \times L + 3 \times R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	484.9	49534.6	< 1% (0.98%)	Exposition modérée

➔ **Gravité**

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

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

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

<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Pour les éoliennes L1 à L5	< 1	Sérieux

Dans le périmètre délimité par la zone d'effet du phénomène, le terrain est aménagé et peu fréquenté (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1.

La gravité sera donc « Sérieuse ».

➔ **Probabilité**

De façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est de classe « D », c'est-à-dire une probabilité de l'ordre de : $10^{-5} < P \leq 10^{-4}$.

➔ **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 10 personnes sont exposées.

<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
Pour les éoliennes L1 à L5	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien « Le Louveng », le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

❖ Chute d'éléments de l'éolienne

➔ **Zone d'effet**

Le risque de chute d'éléments 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 autour du mât de l'éolienne (D/2 mètres).

➔ **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).

Dans ce tableau : d est le degré d'exposition, Z_i : la zone d'impact, Z_E : la zone d'effet, R : la longueur de pale et LB : la largeur de la base de la pale.

Types d'éoliennes	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Vestas V90 HH80 (2MW)	$Z_i = R*(LB/2)$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	77	6079	1.3% (1% < x < 5%)	<i>Exposition forte</i>
REpower MM92 HH80 (2.05MW)	$Z_i = R*(LB/2)$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	113	6415.1	1.76% (1% < x < 5%)	<i>Exposition forte</i>
Nordex N90 HH80 (2.5MW)	$Z_i = R*(LB/2)$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	52.6	6023.9	0.9% (1% < x < 5%)	<i>Exposition modérée</i>

➔ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Pour les éoliennes L1 à L5	< 1	Sérieux

Dans le périmètre délimité par la zone d'effet du phénomène, le terrain est aménagé et peu fréquenté (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1.

Le niveau de gravité sera donc « Sérieux ».

➔ **Probabilité**

Une probabilité de classe « C » est retenue par défaut pour ce type d'événement, c'est-à-dire une probabilité de l'ordre de : $10^{-4} < P \leq 10^{-3}$.

➔ **Acceptabilité**

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

<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
Pour les éoliennes L1 à L5	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien « Le Louveng », le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

❖ Projection de pales ou de fragments de pales

➔ **Zone d'effet**

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 pales ou de fragments de pales, 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).

Dans ce tableau : d est le degré d'exposition, Z_i : la zone d'impact, Z_E : la zone d'effet, R (500m) et LB : la largeur de la base de la pale.

Types d'éoliennes	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Vestas V90 HH80 (2MW)	$Z_i = R*(LB/2)$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	77	785191	0.01% (< 1%)	<i>Exposition modérée</i>
REpower MM92 HH80 (2.05MW)	$Z_i = R*(LB/2)$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	113	785191	0.014% (< 1%)	<i>Exposition modérée</i>
Nordex N90 HH80 (2.5MW)	$Z_i = R*(LB/2)$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	36.5	785191	0.005% (< 1%)	<i>Exposition modérée</i>

➔ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- 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 :

<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
L1	20	Important
Pour les éoliennes L2 à L5	8	Sérieux

Il est à noter que pour le parc « Le Louveng », la zone d'effet est constituée de terrains aménagés et peu fréquentés (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 10 (8 personnes) pour les éoliennes L2 à L5. Le niveau de gravité sera donc « Sérieux ».

La présence de la route départementale 934 à l'intérieur de la zone d'effet (pour l'aérogénérateur L1 : Distance = 455m) engendre un niveau de gravité différent par rapport aux autres aérogénérateurs du parc éolien « Le Louveng ». En effet, le niveau de gravité sera « important » compte tenu du nombre de personnes permanentes exposées (20 personnes). La méthode de comptage des enjeux humains pour une route structurante prend en compte les critères suivants : Trafic (véhicules/jour) - Linéaire de route compris dans la zone d'effet (385m).

→ Probabilité

Une probabilité de classe « D » est retenue pour ce type d'événement, c'est-à-dire une probabilité de l'ordre de : $10^{-5} < P \leq 10^{-4}$.

→ Acceptabilité

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

<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
L1	Important	Acceptable
Pour les éoliennes L2 à L5	Sérieux	Acceptable

Pour le parc éolien « Le Louveng », le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

❖ Projection de glace

➔ **Zone d'effet**

La distance maximale atteinte par ce type de projection correspond à une distance d'effet en fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne. Dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt en cas de givre ou de glace :

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

➔ **Intensité**

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

Dans ce tableau : d est le degré d'exposition, Z_i : la zone d'impact, Z_E : la zone d'effet, R : la longueur de pale, H : la hauteur au moyeu, et SG : la surface majorante d'un morceau de glace.

Types d'éoliennes	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Vestas V90 HH80 (2MW)	Z _i = SG	$Z_E = \pi \times 1,5 * (H+2 * R)^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	1	136039	7.4 x 10 ⁻⁴ (< 1%)	Exposition modérée
REpower MM92 HH80 (2.05MW)	Z _i = SG	$Z_E = \pi \times 1,5 * (H+2 * R)^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	1	140071	7.1 x 10 ⁻⁴ (< 1%)	Exposition modérée
Nordex N90 HH80 (2.5MW)	Z _i = SG	$Z_E = \pi \times 1,5 * (H+2 * R)^2$	$d = Z_i / Z_E$	
	1	135159.9	7.4 x 10 ⁻⁴ (< 1%)	Exposition modérée

➔ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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 »

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 :

<i>Eolienne</i>	<i>Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)</i>	<i>Gravité</i>
Pour les éoliennes L1 à L5	2	Sérieux

Dans le périmètre délimité par la zone d'effet du phénomène, le terrain est aménagé et peu fréquenté (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 10 (2 personnes).

Le niveau de gravité sera donc « Sérieux ».

→ Probabilité

En considérant les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011, une probabilité « B – événement probable » ($10^{-3} < P \leq 10^{-2}$) est proposée pour cet événement (sans oublier, le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace).

→ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « B », 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.

<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
Pour les éoliennes L1 à L5	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien « Le Louveng », le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

III. HIÉRARCHISATION DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT EN FONCTION DE L'ESTIMATION DE LEUR PROBABILITÉ D'OCCURRENCE, DE LA GRAVITÉ DE LEUR CONSÉQUENCE ET DE LEUR CINÉTIQUE DE DÉVELOPPEMENT

III.1. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

Lors de la rédaction de l'étude de dangers, une analyse détaillée (calculs de la zone d'impact, zone d'effet, degré d'exposition, intensité, gravité, niveau de risque...) des accidents les plus significatifs en termes de risque a été réalisée pour chaque modèle d'aérogénérateurs à l'étude.

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

<i>Synthèse de l'étude détaillée des risques – Parc éolien « Le Louveng »</i>					
<i>Scénarios</i>	<i>Zone d'effet</i>	<i>Cinétique</i>	<i>Intensité</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Gravité</i>
<i>Effondrement de l'éolienne</i>	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée à forte	D	Sérieux pour l'ensemble des éoliennes
<i>Chute d'éléments de l'éolienne</i>	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée à forte	C	Sérieux pour l'ensemble des éoliennes
<i>Chute de glace</i>	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
<i>Projection de pales</i>	500m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux : L2 à L5 Important pour l'aérogénérateur L1
<i>Projection de glace</i>	1,5 x (H +2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieux pour l'ensemble des éoliennes

III.2. LA MATRICE DE CRITICITE

Pour pouvoir hiérarchiser les scénarios d'accident potentiels, la réalisation de la matrice de criticité est la prochaine étape afin d'évaluer l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

Type d'éoliennes	Conséquence	Classe de Probabilité				
		E	D	C	B	A
Vestas V90 HH80	Désastreux					
	Catastrophique					
REpower MM92 HH80	Important		<i>Projection de pales pour l'éolienne L1</i>			
	Sérieux		<i>Effondrement de l'éolienne</i> <i>Projection de pales (L2 à L5)</i>	<i>Chute d'éléments de l'éolienne</i>	<i>Projection de glace</i>	
Nordex N90 HH80	Modéré					<i>Chute de glace</i>

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

Légende de la matrice

Au regard de ces résultats, il apparaît clairement qu'aucun accident ne situe dans les cases rouges synonymes de non-acceptabilité. Pour les scénarios « Effondrement de l'éolienne » et « Projection de pales », il est indiqué que le niveau de risque est très faible. Certains accidents figurent en case jaune équivalent à un risque faible. Pour ces accidents, il convient de souligner que pour améliorer de façon notable le risque, plusieurs mesures de sécurité sont mises en place (Cf. paragraphe suivant). Enfin, il est utile de souligner que cette matrice de criticité est valable pour les 3 modèles d'aérogénérateurs étudiés.

IV. DESCRIPTION DES PRINCIPALES MESURES D'AMÉLIORATION PERMETTANT LA RÉDUCTION DES RISQUES

IV.1. DEFINITIONS

Le tableau dans le paragraphe suivant a pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc « Le Louveng ».

Dans le cadre de ce résumé non technique, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

→ **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.

→ **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.

→ **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.

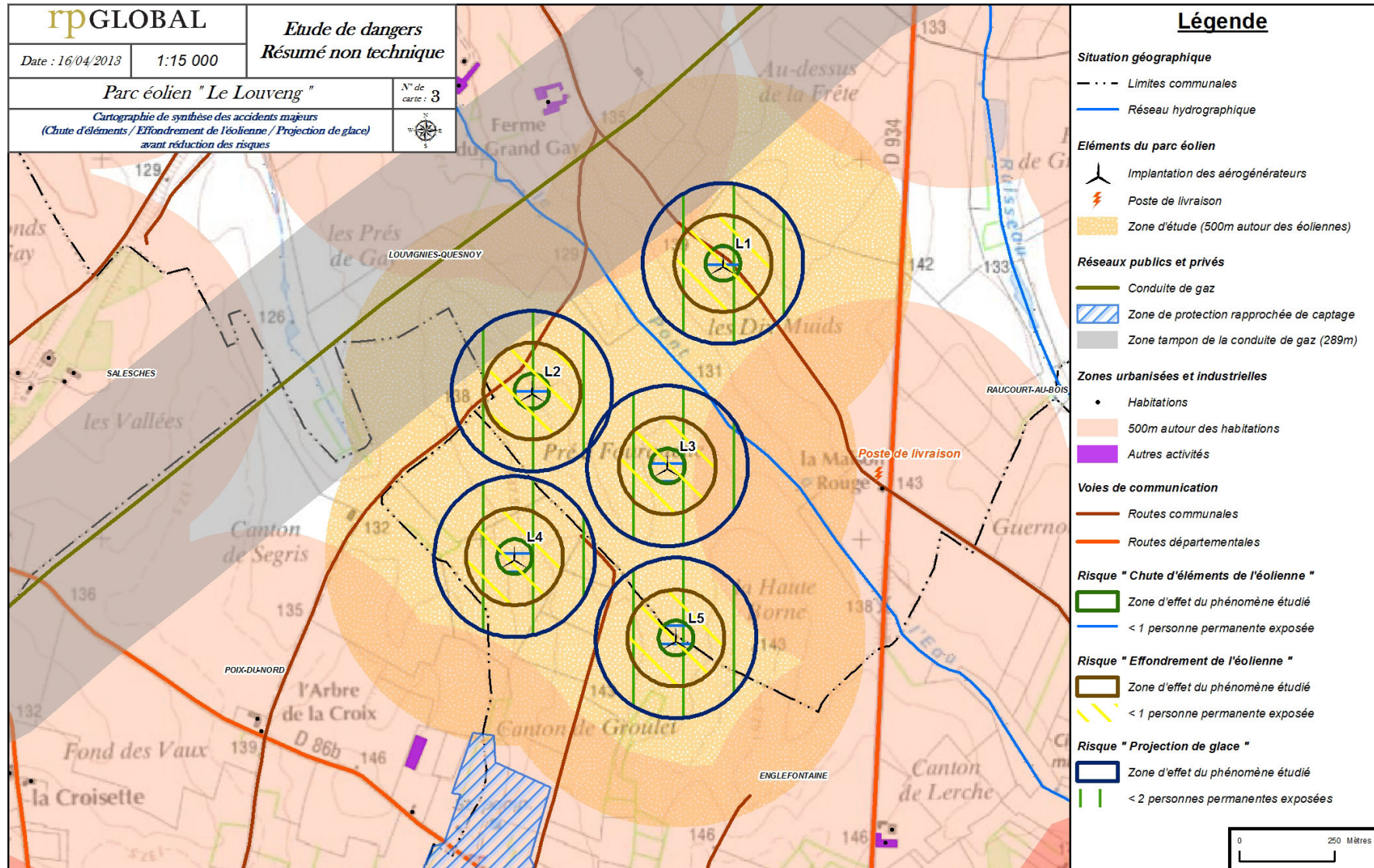
Etude de dangers du parc éolien « Le Louveng »
Résumé non technique

IV.2. TABLEAU RECAPITULATIF DES MESURES D'AMELIORATION

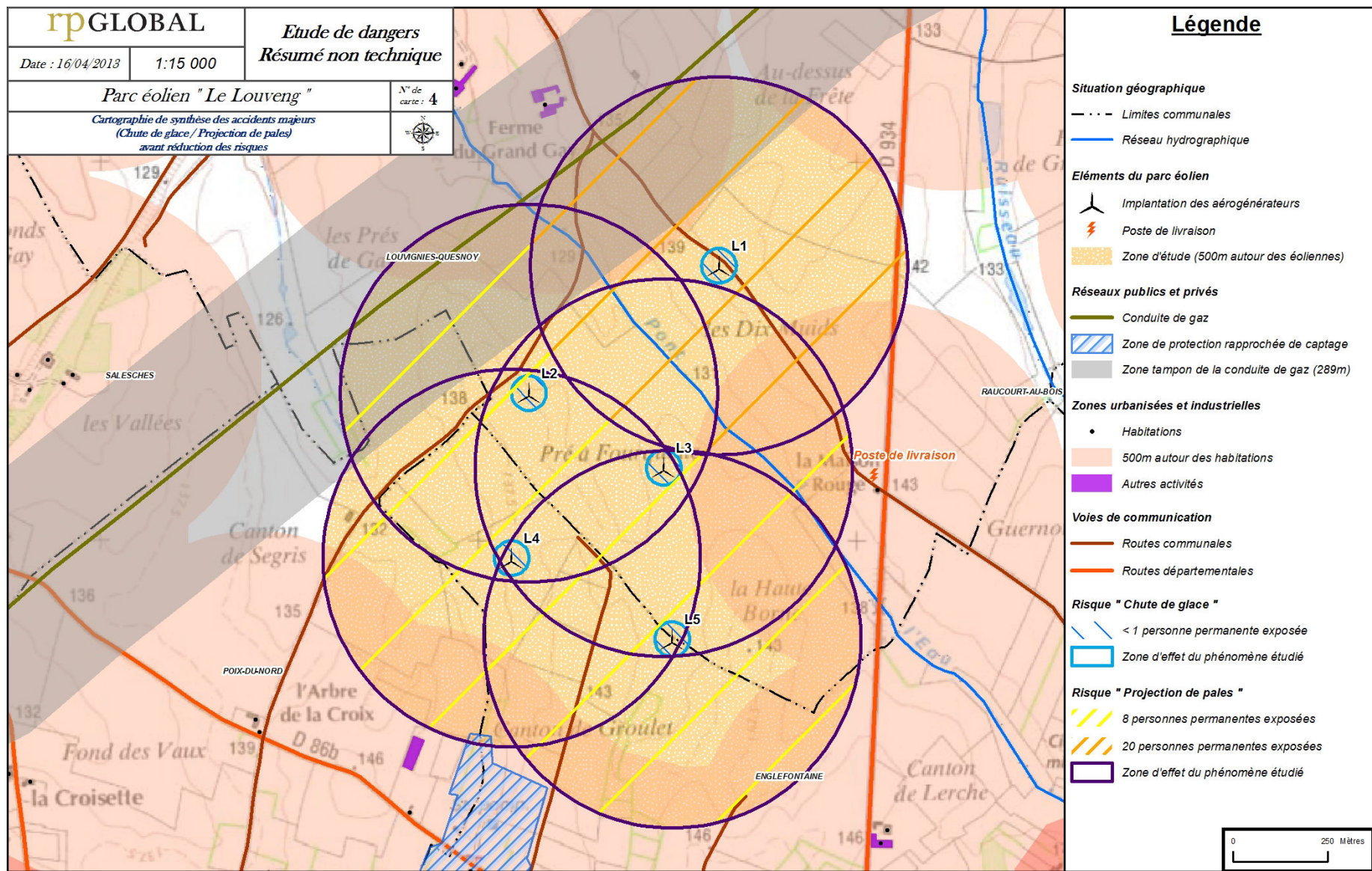
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées	Capteurs de température des pièces mécaniques Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes	Détection de survitesse et système de freinage	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire) Procédures qualifiées	Procédure maintenance	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite
Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	Prévenir la survitesse	Prévenir les courts-circuits	Prévenir les effets de la foudre	Protection et intervention incendie	Prévention et rétention des fuites	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage	Prévenir les erreurs de maintenance	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.	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).	/	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Présence de kits de dépollution d'urgence. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.	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. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.
Efficacité	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

**Etude de dangers du parc éolien « Le Louveng »
Résumé non technique**

V. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE PRÉCISANT LA NATURE ET LES EFFETS DES ACCIDENTS MAJEURS AVANT ET APRÈS RÉDUCTION DES RISQUES



**Etude de dangers du parc éolien « Le Louveng »
Résumé non technique**



Conclusion

L'étude de dangers a permis de mettre en évidence plusieurs accidents potentiels pouvant intervenir durant l'exploitation du parc éolien : Effondrement de l'éolienne, chute de glace, chute d'éléments de l'aérogénérateur, projection de glace et projection de pales ou de fragments de pales. Plusieurs mesures de maîtrise des risques sont mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents sur ce type d'installation (Cf. IV.2.). Ces mesures de sécurité sont conformes aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité du site.

Il est à noter que pour le parc « Le Louveng », la zone d'effet est constituée de terrains aménagés et peu fréquentés (terrains et chemins agricoles : 1 personne pour 10 ha d'après la méthode de détermination du nombre de personnes permanentes basé sur la circulaire du 10 Mai 2010).

Ces territoires peu fréquentés couplés aux mesures de sécurité permettent de limiter au maximum les éventuelles conséquences de ces accidents majeurs. Les cartes de synthèse 3 et 4 montrent que la mise en place des mesures de sécurité ne réduit pas les zones d'effet potentiel des accidents majeurs mais permet de réduire considérablement la probabilité que ces accidents n'interviennent.

Concernant la conduite de gaz, toutes les distances de sécurité ont été respectées pour l'implantation des aérogénérateurs (les éoliennes se situant en dehors de la zone tampon de 289m). De ce fait, il n'y a aucune exigence sur la conception ou l'exploitation de l'éolienne selon GRT GAZ.

Ainsi, pour le parc éolien « Le Louveng », les accidents majeurs identifiés constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

Cette analyse est valable pour les 3 modèles d'aérogénérateurs à l'étude (V90 - 2MW de Vestas / MM92 - 2.05MW de REpower / N90 - 2.5MW de Nordex).