

L'accidentologie a pour vocation de synthétiser les accidents et incidents survenus dans la filière éolienne en vue de l'analyse des risques de l'installation. L'objectif est d'en tirer les enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans le futur parc éolien.

Les accidents et incidents représentatifs ont donc été analysés pour établir un retour d'expérience au bénéfice de l'exploitation du site. L'accidentologie détaillée dans ce chapitre se base sur une compilation de l'état des accidents et incidents survenus :

- sur les parcs éoliens exploités en France,
- sur les parcs éoliens exploités dans le monde,
- sur des équipements fournis par le constructeur Siemens,
- sur les installations gérées par l'exploitant Les Vents de l'Est Artois S.A.S.

Dans les tableaux et graphiques qui suivent, sont donc repris **les accidents pertinents** liés aux activités étudiées survenus sur des installations similaires à celles du futur parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, ainsi que **leur typologie et leurs conséquences**.

## 6.1. Recensement des principaux accidents et incidents survenus

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 (associations, organisations professionnelles, constructeurs, littérature spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration qu'en termes de détail de l'information.

L'analyse des retours d'expérience vise donc à faire émerger des typologies d'accident, rencontrés aux niveaux national et international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus fréquents dans la filière éolienne.

### 6.1.1. En France

#### 6.1.1.1. Entre 2000 et début 2012 (recensement du SER et de l'INERIS)

Pour le recensement des incidents et accidents survenus en France, la présente étude de dangers s'est appuyée, d'une part, sur les recherches du groupe de travail SER - INERIS, effectuées dans le cadre de l'élaboration du guide technique national, validé par la DGPR (version de mai 2012).

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer ce recensement. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de presse locale ou de base de données mises en place par des associations :

- 1- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- 2- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- 3- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- 4- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- 5- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- 6- Articles de presse divers recueillis par le GT ;
- 7- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France recueillies par le GT

**L'ensemble de ces sources a permis d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France.** Dans l'état actuel, la base de données apparaît donc comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000.

Les principaux incidents et accidents survenus en France sont listés dans le tableau ci-après, par ordre chronologique. Un total de 37 incidents a pu être recensé par le groupe de travail entre 2000 et début 2012. Cette synthèse exclut les accidents du travail et les événements n'ayant pas conduit à des effets sur les zones autour des machines. Par ailleurs, l'identification des sources est nécessairement réductrice.

Certains des événements répertoriés ne sont pas exploitables dans l'étude de dangers en termes d'analyse du risque sur les tiers. En effet ces événements n'ont pas tous conduit à un scénario d'accident. Dans le tableau, il est précisé lorsque les événements décrits ne sont pas exploités.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance unitaire	Mise en service	Description sommaire de l'accident et des dégâts	Cause probable	Source(s) de l'information	Commentaires
Effondrement	11/2000	Port-la-Nouvelle	Aude	0,5 MW	1993	Pliure du mât d'une éolienne suite à la perte d'une pale lors d'une tempête	Tempête avec foudre répétée	1 - 4	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Bris de pale en bois	?	4	Info peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Bris de pale et mât plié	Tempête	1 - 4	-
Maintenance	01/07/2002	Port-la-Nouvelle - Sigean	Aude	0,66 MW	2000	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Création d'un arc électrique lors d'une opération de maintenance sur un transformateur	1	NC - accident sur personnel de maintenance
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85 MW	2002	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	1 - 4 6 (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles - Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Bris de pale en bois sur une éolienne bipale	Tempête	6 (La Dépêche)	Info peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles - Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Bris de pales en bois sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m maximum	Dysfonctionnement du système de freinage	1 6 (Le Midi Libre)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel - Boulogne-sur-Mer	Pas-de-Calais	0,75 MW	2002	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. 1 pale tombe sur la digue, les 2 autres dérivent sur 8 km.	Tempête	2 - 1 - 4 6 (Windpower Monthly May et La Voix du Nord)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage - Port de Dunkerque	Nord	0,3 MW	1996	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul	2 - 1 - 4 6 (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	2001	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m.	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	1 6 (Le Télégramme et Ouest France)	-
Rupture de pale	08/07/2004								Accident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75 MW	2003	Bris de trois pales	?	4	Info peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	2004	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tours/minute)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation et dysfonctionnement du système de freinage	2 - 4 6 (La Tribune)	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Bris de pale	?	4	Info peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	2001	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents	5 6 (Ouest France et journal télévisé FR3)	-
Incendie (Malveillance)	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66 MW	2001	Acte de malveillance : explosion de bombes de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'elles a été incendiée	Malveillance / Incendie criminel	3 6 (La Dépêche et Le Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08 MW	1993	Sectionnement de mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents max à 137 km/h)	6 (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale (Maintenance)	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5 MW	2005	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	4	NC - accident pendant la phase chantier
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66 MW	2005	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	?	3 - 5	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3 MW	2007	Chute d'un élément de l'éolienne (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite	6 (Le Télégramme)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance unitaire	Mise en service	Description sommaire de l'accident et des dégâts	Cause probable	Source(s) de l'information	Commentaires
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3 MW	2002	Emballement de l'éolienne (sans bris de pale)	Tempête + système de freinage HS	2	NU - évènement sans répercussion
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2 MW	2004	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout de l'aile.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles et erreur de pilotage (altitude trop basse)	6 (Le Télégramme et Le Post)	NU - accident aéronautique
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	3 6 (l'Est Républicain)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2 MW	2006	Début d'incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	6 (Dépêche AFP)	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Chute de pale	?	3 6 (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75 MW	2004	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique	2	NC - accident sur personnel de maintenance
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3 MW	2009	Bout de pale d'une éolienne détérioré	Coup de foudre sur pale	7	NU - pale restée accrochée
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2 MW	2006	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans le transformateur sec embarqué dans la nacelle ?	3 - 5 6 (Ouest-France)	-
Incendie (Maintenance)	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2 MW	2005	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	2 - 5 6 (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15 MW	1993	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	6 (La Voix du Nord)	NC - accident sur personnel de maintenance
Effondrement	30/05/2010	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Effondrement d'une éolienne (par pliure du mât)	Rotor préalablement endommagé par l'effet d'une survitesse	7	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	2004	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles	Maintenance en cours : problème de régulation, freinage impossible, évacuation, survitesse.	3 - 6	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Coteaux	Loire Atlantique	2,3 MW	2010	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. Secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.	?	3	NC - accident sur personnel de maintenance
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale au niveau d'un passage à niveau	-	6 (Le Bien Public)	NC - accident lors du transport (hors du site)
Rupture de pale	14/12/2011	non communiqué	non communiqué	2,5 MW	2003	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance <300m	Foudre	7	Info peu précise sur la distance d'effet
Incendie (Malveillance)	03/01/2012	non communiqué	non communiqué	2,3 MW	2006	Acte de vandalisme : départ de feu à partir de pneus et d'huile introduits dans l'éolienne.	Malveillance Incendie criminel	7	NU - pas de propagation du feu
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75 MW	2000	Bris de pale dont les fragments ont été projetés jusqu'à 380m.	Tempête + panne d'électricité	6 (La Voix du Nord)	-

Tableau 42 : Principaux incidents et accidents survenus sur des sites éoliens en France, entre 2000 et début 2012 (source : SER-INNERIS)

\*NC = accident ne concernant pas directement l'étude de dangers

\*NU = accident non utilisable dans l'étude de dangers

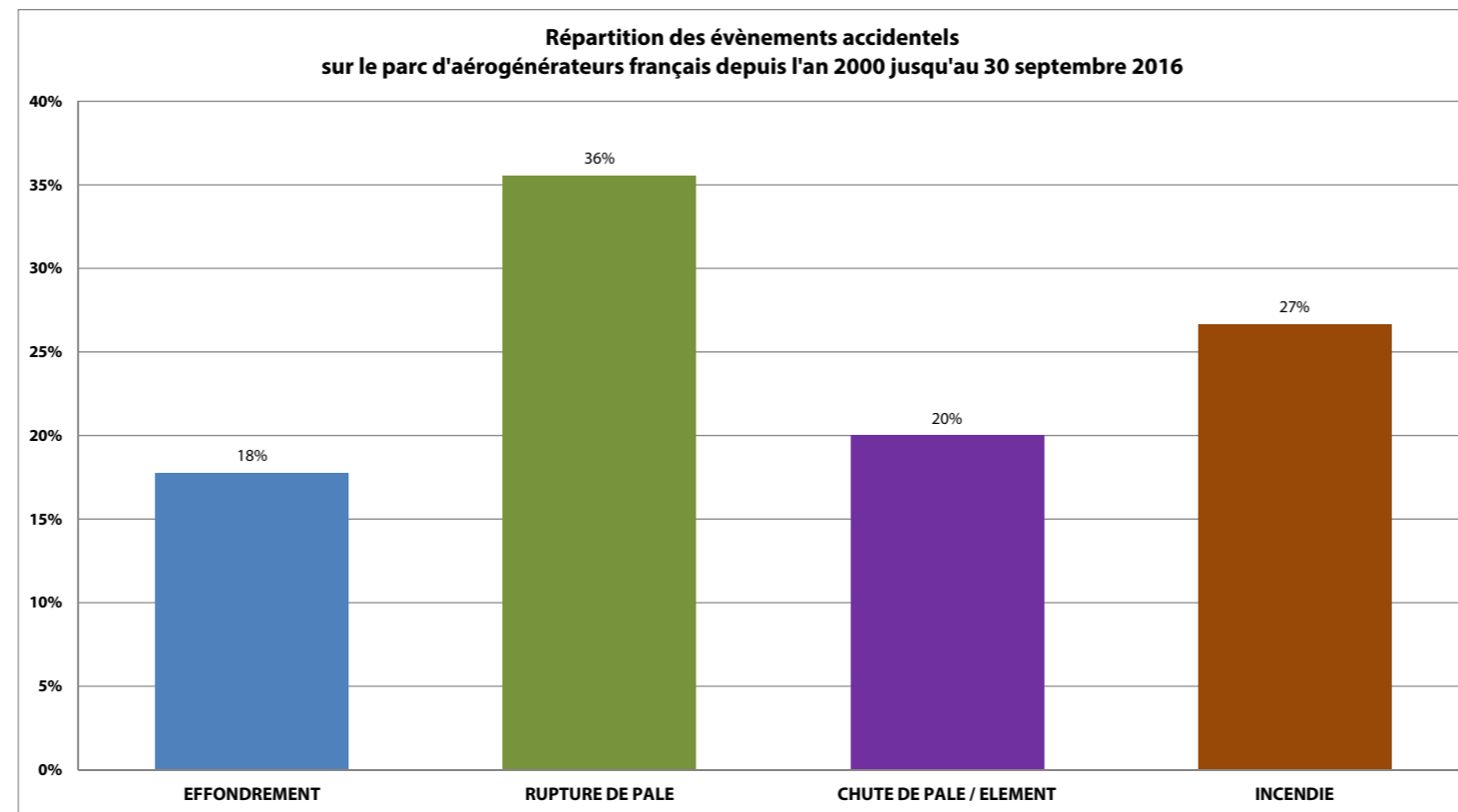


Figure 7 : Synthèse de l'accidentologie en France entre 2000 et septembre 2016

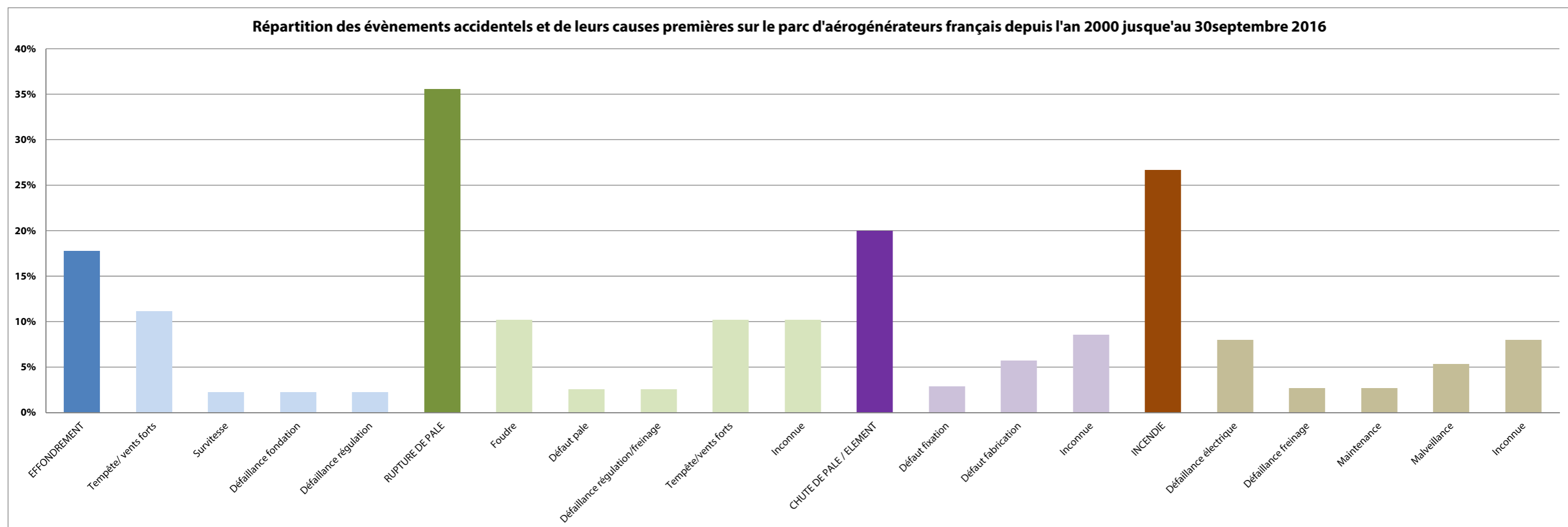


Figure 8 : Synthèse de l'accidentologie en France et des causes premières entre 2000 et septembre 2016

## 6.1.1.2. Depuis début 2012

D'autre part, ECOTERA Développement s.a.s. a complété et mis à jour la base de données du SER et de l'INERIS en recherchant les accidents et incidents survenus en France depuis début 2012. Les événements connus et recensés jusqu'au 30 septembre 2016 sont présentés dans le tableau ci-après.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance unitaire	Mise en service	Description sommaire de l'accident et des dégâts	Cause probable	Commentaires
Incendie (Malveillance)	03/01/2012	non communiqué	non communiqué	2,3 MW	2006	Acte de vandalisme : départ de feu à partir de pneus et d'huile introduits dans l'éolienne.	"Malveillance Incendie criminel"	NC - acte de malveillance
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75 MW	2000	Bris de pale dont les fragments ont été projetés jusqu'à 380m.	Tempête + panne d'électricité	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt et Gricourt	Aisne	2 MW	2008	Electrocution de 2 techniciens de maintenance dans la nacelle, dont un blessé gravement. Un 3ème technicien resté en bas a prévenu les secours.	Erreur d'inattention?	NC - Maintenance
Rupture de pale	11/04/2012	Corbières maritimes	Aude	660 kW	1991	Impact sur le mât et débris de pale long de 15 m retrouvé à 20 m	Foudre	-
Rupture de pale	22/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loire	2MW	2008	L'une des éoliennes a perdu une pale entière de 46 m : elle est tombée au pied du mât. Pas de blessé. Après quelques mois de recherche l'incident est du à un défaut de fabrication sur une pièce.	Défaut de fabrication	-
Effondrement	30/05/2012	Corbières maritimes	Languedoc-Roussillon	200 kW	1991	Effondrement de la tour de 30 m de haut dues aux rafales de vents supérieures à 130 km/h.	Tempête	-
Chute de pale/élément	01/11/2012	Réentières-Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2010	Projection d'un élément de 400 g (2 m) à 70 m du mât.	?	-
Chute de pale/élément	05/11/2012	Corbières maritimes	Aude	660 kW	2000	Incendie dans l'armoire électrique a entraîné la propagation de courants de courts circuits faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Chute de la pale et incendie de 80 m <sup>2</sup> de garrigue.	?	-
Chute de pale/élément	06/03/2013	Parc éolien de Conilhac	Aude	2,3 MW	2014	Chute d'une pale suite à un défaut de vibration et mise à l'arrêt de l'éolienne	?	-
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	2,5 MW	2011	Incendie déclenché dans la nacelle, qui a provoqué la chute d'une pale en flammes. Pas de blessé.	Défaillance électrique	-
Rupture de pale	20/06/2013	La Bastide-sur-Besorgues	Rhône-Alpes, Ardèche	900 kW	2009	Pâle déchirée sur 6 m suite à un impact de foudre, destruction du boîtier basse tension et du parafoudre, endommagement des réseaux électrique et téléphonique (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur)	Foudre	-
Maintenance	07/07/2013	Haut Languedoc	Hérault	1,3 MW	2006	Suite à l'appoint en azote d'un accumulateur, une partie de la vanne est projetée au visage de l'opérateur ce qui lui brise le nez et plusieurs dents. L'inhalation du gaz lui provoque également un décollement de l'œsophage	Sous-conscience des risques, défaut de formation de l'intervenant, procédures opérationnelles pas assez robustes.	NC - Maintenance
Incendie	09/01/2014	Vent de Thiérache	Ardennes	2,5 MW	2013	Une éolienne prend feu.	?	-
Chute de pale/élément	20/01/2014	Haut Languedoc	Aude	1,3 MW	1991	Chute d'une pale de 20 m au pied du mât due à des fissures sur l'"alu ring" (jonction entre la pale et le moyeu).	Défaut pièce	-
Chute de pale/élément	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche	2 MW	2011	Chute d'une pale au pied de l'éolienne, des débris sont projetés à 150m	Fortes rafales de vent atteignant 130 Km/h	-
Chute de pale/élément	05/12/2014	Parc éolien de Fitou	Aude	1,3 MW	2002	Chute de l'extrémité d'une pale à 80m du mât	défaillance matérielle ou décollage des plaques de fibre de verre	-
Incendie	29/01/2015	Parc éolien de Rémigny-Ly-Fontaine	Aisne	2,3 MW	2015	Une éolienne prend feu.	Arc électrique entre 2 connexions	-
Incendie	06/02/015	Parc éolien de la Tourette	Deux-Sèvres	2 MW	2011	Une éolienne prend feu.	?	-
Incendie	24/08/2015	Parc éolien de Janville	Eure-et-Loir	2,3 MW	2005	Une éolienne prend feu.	?	-
Chute de pale/élément	14/11/2015	Parc éolien de Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5 MW	2007	Chute du rotor et des 3 pâles	?	-
Rupture de pale	08/02/2016	Dinéault	Bretagne	300 kW	2009	Pâle brisée suite à une tempête de vent où le vent a été mesurée à 160 km/h	Tempête	-

Tableau 43 : Principaux incidents et accidents survenus sur des sites éoliens en France depuis début 2012

\*NC = accident ne concernant pas directement l'étude de dangers

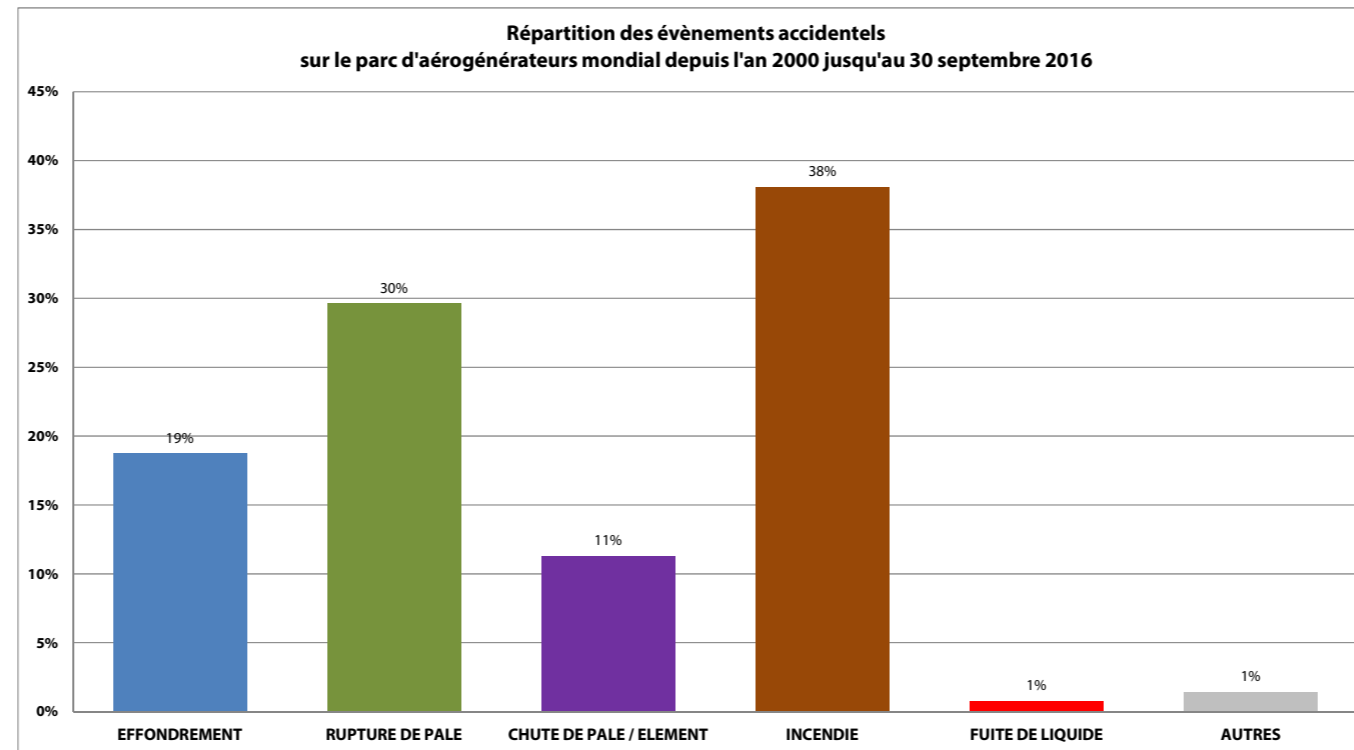


Figure 9 : Synthèse de l'accidentologie mondiale entre 2000 et septembre 2016

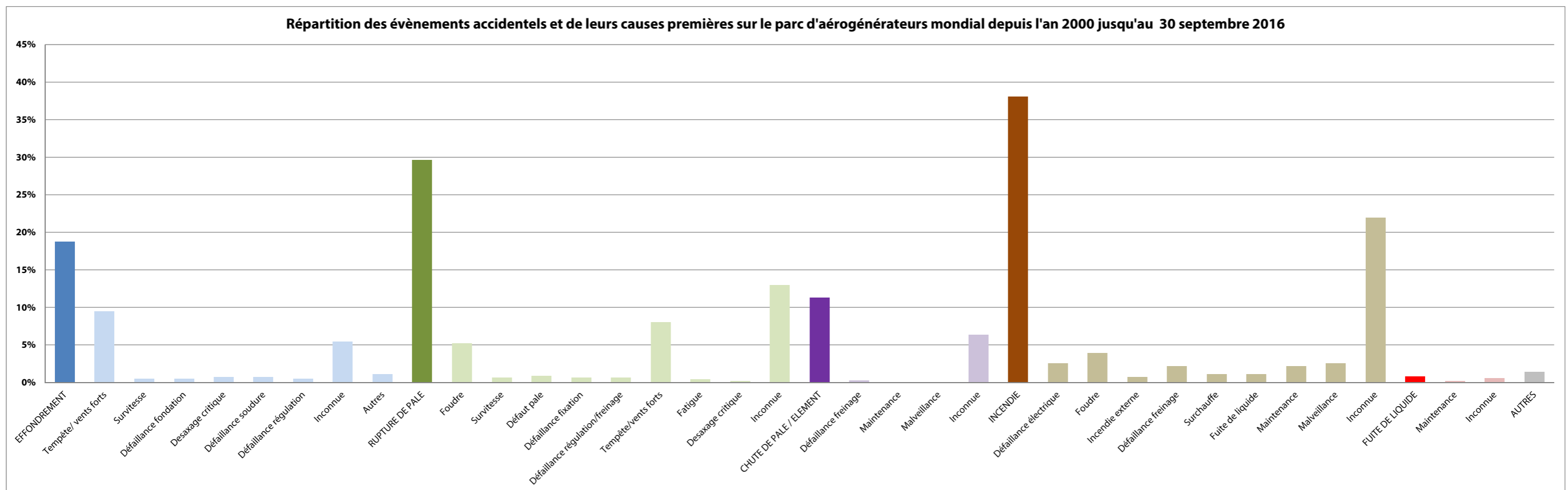


Figure 10 : Synthèse de l'accidentologie mondiale et des causes premières entre 2000 et septembre 2016

### 6.1.1.3. Synthèse sur la période 2000 - septembre 2016

**Durant la période 2000 - septembre 2016 : 58 incidents ont été recensés** (dont 45 concernant les risques analysés dans l'étude de dangers et exploités statistiquement).

Les ruptures de pales sont les accidents les plus recensés sur l'ensemble du parc éolien français, suivies des incendies puis des effondrements d'aérogénérateurs et enfin des chutes de pales et d'autres éléments.

*Cf. Figure 7*

La cause principale de ces accidents sont les mauvaises conditions météorologiques.

**Il convient de préciser qu'aucun tiers extérieur à l'exploitation des parcs n'a été blessé directement ou tué dans l'un de ces accidents.**

**Les dommages à déplorer sur les personnes physiques se sont produits lors des phases de transport ou de construction des machines, ou encore lors d'opérations de maintenance. Les victimes de ces incidents sont des membres du personnel de maintenance ou de chantier.**

La synthèse de ces accidents, et de leur causes premières, survenus sur le parc d'aérogénérateurs français **entre 2000 et septembre 2016** est également représentée dans un graphique. Sont précisées :

- la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents observés en France (histogrammes de couleur foncée);
- la répartition des causes premières pour chacun des événements accidentels identifiés (histogrammes de couleur claire). Elle est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France.

*Cf. Figure 8*

## 6.1.2. Dans le reste du monde

### 6.1.2.1. Entre 2000 et 2010

Le recensement des accidents et incidents survenus sur les parcs éoliens dans le monde s'est également basé sur les résultats de l'INERIS et du SER.

Le groupe de travail a exploité les travaux de l'association du Royaume-Uni, Caithness Windfarm Information Forum (CWIF), opposée à l'éolien, qui tient à jour une liste des accidents liés - de près ou de loin - aux aérogénérateurs sur l'ensemble du parc éolien mondial.

Entre 2000 et 2010, l'association a recensé 994 incidents ou accidents dans le monde.

Parmi ceux-ci, le groupe de travail juge que seuls 236 peuvent être considérés comme des «accidents majeurs», les autres concernant plutôt les accidents du travail, les presque-accidents, les incidents, etc.

La synthèse des 236 événements accidentels répertoriés par le CWIF est la suivante :

- 39 % sont des ruptures de pales
- 32 % sont des incendies
- 23 % des accidents sont des effondrements de structure
- 5 % correspondent aux chutes de pale ou d'éléments

**Les principales causes de ces accidents sont les tempêtes avec vents forts puis en second la foudre.**

### 6.1.2.2. Depuis 2011

Pour compléter la base de données du GT, Ecotera Développement a étudié les incidents survenus après 2010, en exploitant la même base de données de l'association Caithness Windfarm Information Forum. Consultée en octobre 2016, le recensement des événements accidentels effectué par CWIF s'arrêtait au 30/09/2016.

Sur 771 incidents repertoriés, 235 ont été jugés comme «accidents majeurs». A l'image du tri effectué par le groupe de travail SER-INERIS, ont été exclus de cette sélection les accidents du travail, les «presque-accidents», les incidents, etc.

La répartition de ces 235 accidents par typologie est la suivante :

- 46 % sont des incendies
- 20 % sont des ruptures de pales
- 18 % correspondent aux chutes de pale ou d'éléments
- 13 % des accidents sont des effondrements de structure
- 2 % correspondent à des fuites d'huiles
- 1 % correspondent à d'autres types d'accidents

## 6.1.3. Synthèse globale sur la période 2000 - septembre 2016

Sur le parc d'aérogénérateurs mondial (en France et dans le reste du monde), sur la période entre 2000 et septembre 2016, les ruptures de pales et les incendies sont les types d'accidents les plus fréquents, représentant à eux deux plus de 2 accidents sur 3 (35 % pour les ruptures de pale, et 28 % pour les incendies).

Moins fréquents, les effondrements (19 %) puis les chutes de pale ou d'élément (19 %) sont également recensés. Enfin, dans une moindre mesure, des fuites d'huile ont été observées (1 %).

*Cf. Figure 9*

Lorsqu'elle est connue, la cause majeure de ces accidents est liée aux conditions météorologiques : les tempêtes et vents forts sont en effet responsables d'un accident sur cinq (21 %), suivis par les orages et la foudre (7 %).

La synthèse de ces accidents, et de leurs causes premières, survenus sur le parc d'aérogénérateurs mondial **entre 2000 et septembre 2016** est également représentée dans un graphique. Sont précisées :

- la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents observés (histogrammes de couleur foncée);
- la répartition des causes premières pour chacun des événements accidentels identifiés (histogrammes de couleur claire). Elle est donnée par rapport à la totalité des accidents observés dans le monde.

*Cf. Figure 10*



### 6.1.4. Sur les sites de l'exploitant

Pour **ECOTERA SAS** : aucun accident n'est à déplorer depuis la mise en service en octobre 2014 du parc éolien de Plaine de l'Escrebieux.

Pour la filiale d'**ECOTERA développement**

Au niveau des parcs développés et/ou exploités par les actionnaires de Les Vents de l'Est Artois S.A.S, aucun accident sur les tiers n'est à déplorer.

Arnd Morschhäuser exploite à l'heure actuelle 4 parcs en Allemagne, soit 50 éoliennes, depuis 1995. Les incidents survenus sont les suivants :

- Incendie dans le compartiment du condensateur de deux éoliennes. A l'époque, les condensateurs renfermaient de l'huile. Ils ont été remplacés dans toutes les machines par des condensateurs de type «sec». Aucun incident de ce type n'a eu lieu depuis.
- Impact de foudre ayant endommagé les pales d'une éolienne. Une pale a dû être remplacée, les autres ont été réparées sur place.
- Changement d'une série de pales, suite à un défaut de conception en 1998.

### 6.1.5. Recensés par le constructeur

Les informations présentées dans ce chapitre ont été transmises par le constructeur et fournisseur des éoliennes constituant le futur parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux.

Dans le cadre du suivi des dysfonctionnements survenant sur ses éoliennes, SIEMENS dispose d'un outil permettant de répertorier les incidents ou accidents (appelés « serious incidents ») ayant affecté l'ensemble de leurs machines installées dans le monde.

Cette base permet également de prendre en compte, outre les accidents survenant sur les éoliennes en exploitation, ceux qui ont pu se produire durant les phases de transport sur site ou de montage de la machine. Les informations disponibles sur les 5 dernières années (de 2007 à juin 2011) ont permis de classer les différents événements accidentels survenus. Le tableau suivant présente les résultats de la base de données

Années	2011*	2010	2009	2008	2007
Nombre d'éoliennes en exploitation	37488	36517	32050	27790	25684
Nombre de «serious accidents» répertoriés	79	106	83	67	66
Nombre de «serious accidents» pris en compte	73	89	68	43	49
<b>Dommages ou ruptures de pales<sup>1</sup></b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>35</b>
<b>Incendie de nacelle<sup>2</sup></b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>
<b>Effondrement de l'éolienne</b>	<b>ND</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Chute d'objets<sup>3</sup></b>	<b>40</b>	<b>55</b>	<b>25</b>	<b>9</b>	<b>2</b>
<b>Survitesse</b>	<b>ND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>/</b>	<b>2</b>
Dont impact de foudre <sup>4</sup>	ND	3	7	1	3

**Tableau 44 : Données d'accidentologie interne à VESTAS**  
(Source VESTAS-2011)

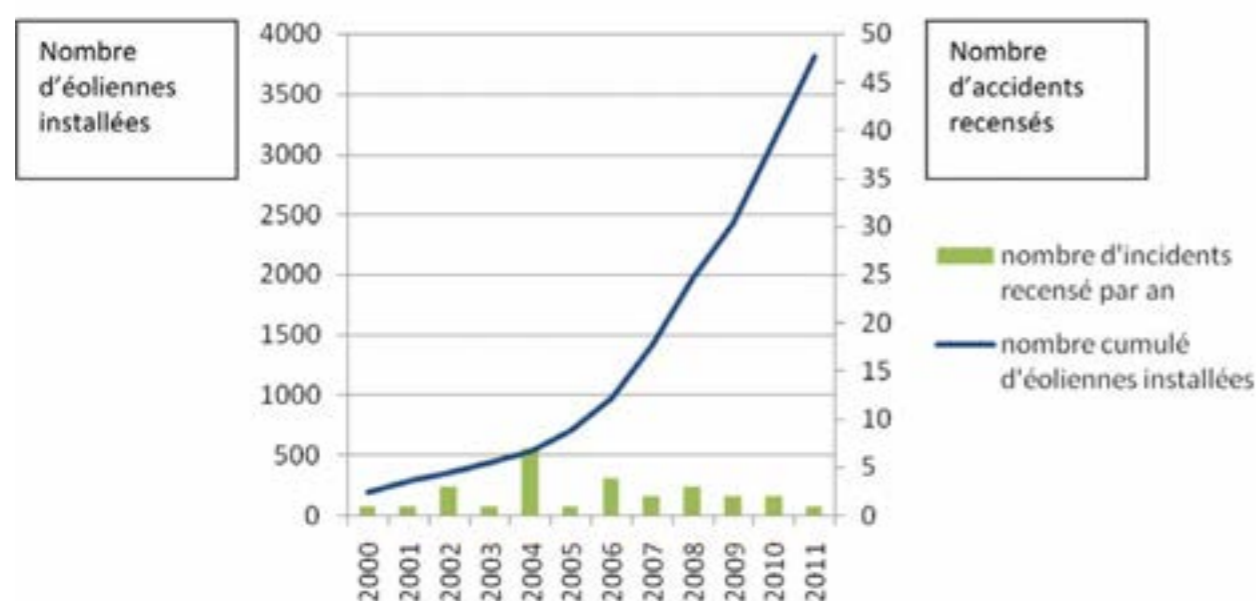
\* Juin 2011

#### Remarques :

1 - Le nombre de « serious incidents » pris en compte a exclu les incidents liés aux phases de transport sur site des éoliennes et aux phases de montage, ainsi que les incidents n'ayant entraîné que des blessures au personnel intervenant. Ont également été exclus les incidents insuffisamment renseignés pour pouvoir déterminer leur classement dans les familles retenues dans ce tableau.

2 - Le terme « incendie de nacelle » regroupe à la fois des départs de feu limités et des incendies avec destruction totale de la nacelle.

3 - Pour ce qui concerne la chute d'objets, jusqu'en 2009 les petits objets de type Lightning Current Transfer Unit - n'étaient pas pris en compte en tant que « serious incidents ». Après cette date, la prise en compte de tous les types d'objets (LCTU ou plaques de contact)



**Figure 11 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et du nombre d'éoliennes installées**  
(source : SER-ENERIS)

tombant au sol, quel que soit leur taille, a conduit à une augmentation du nombre de « serious incidents ».

4 - L'impact de foudre n'est pas à prendre en compte en tant que type d'incident mais plutôt en tant que cause d'incident de type dommage aux pales.

Sur la base des incidents ayant eu lieu entre 2009 et 2010, les causes accidentelles ont pour origines :

- des erreurs humaines soit directes (erreur lors d'une intervention), soit indirectes (conception inadaptée, défaut de construction), pour environ deux tiers des cas ;
- des défaillances intrinsèques de matériel (fatigue, vieillissement) pour environ 10 % des cas ;
- des phénomènes externes (conditions météorologiques) pour 20 % des cas.

**Les données disponibles ne mentionnent pas de fuites de liquides.**

**Pour ce qui concerne les éoliennes de type V112-3.0 MW, seules 3 machines de ce type ont été installées fin 2010. Une analyse de l'accidentologie de ce type de machine ne serait donc pas représentative.**

Deux «serious incidents» ont néanmoins été observés sur l'éolienne prototype : la rupture d'une pale (morceau de 9 m) après 5 mois de fonctionnement, liée à une défaillance de construction ; et le décrochage puis la chute d'une trappe sous des vents forts. Suite à ces incidents, VESTAS a engagé des mesures pour éviter leur renouvellement.

Une analyse portant sur les machines V90-3.0 MW (qui ont une base similaire à celle de la V112-3.0 MW) en comparaison avec l'ensemble du parc éolien français, a été réalisée. Il en ressort les résultats suivants :

- De 2007 à 2010, le nombre de machines de ce type en exploitation croît de 396 (1,5 % du parc) à 2432 (6,7 % du parc).
- durant ces 4 années, il n'est noté aucun effondrement de machines ou de passage en survitesse ;
- les incidents affectant les pales de ces machines ne sont pas plus nombreux que ceux affectant l'ensemble du parc ;
- concernant l'incendie, il apparaît néanmoins avec un ratio légèrement plus élevé pour ces machines que pour l'ensemble du parc ;

Entre les années 2000 et 2010, un seul accident impliquant une éolienne VESTAS a eu lieu en France. Il s'agit de l'accident du 30/10/2009 à Freyssenet : suite à une opération de maintenance, un court-circuit s'est produit dans la nacelle provoquant l'incendie d'une éolienne de type V80-2.0 MW.

## 6.2. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

### 6.2.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

*Cf. Figure 11*

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

### 6.2.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

La majorité des accidents recensés sur le parc éolien français et international interviennent lors de conditions météorologiques perturbées (tempêtes, vents forts, orage, etc.), et conduisent principalement aux événements redoutés suivants :

- **Effondrements**
- **Ruptures de pales**
- **Chutes de pale ou d'éléments de l'éolienne**
- **Incendies**

■ **Accidents du travail** : les principaux événements accidentels susceptibles de se produire sur des installations d'éoliennes sont des incidents lors des phases de construction et de maintenance. C'est uniquement lors de ces phases que des dommages mortels ont été à déplorer. Lors de ces phases, la concentration de personnes sur le site est élevée et les opérations peuvent être dangereuses (soulèvement de charges lourdes, manipulation de matériel électrique, circulation d'engins de chantier, etc.). Les principaux accidents répertoriés dans le monde lors de ces phases sont l'électrisation, la chute d'éléments, la chute de personnes et la collision avec des engins de chantier.

## 6.3. Enseignements retirés du retour d'expérience

L'état de l'art a permis d'ores et déjà de tirer plusieurs enseignements permettant d'améliorer les mesures de réduction des risques, voire de créer de nouveaux moyens de protection vis-à-vis des événements issus de l'accidentologie sur les parcs éoliens.

Ces mesures sont présentées de manière synthétique dans le tableau suivant :

Evènement accidentel	Moyens de protection et de prévention adoptés
Rupture de pale	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Choix des matériaux adaptés aux contraintes</li> <li>■ Essais de résistance et de fatigue sur prototypes avec validation par une société de contrôle</li> <li>■ Contrôles lors de la fabrication</li> <li>■ Protection contre la foudre</li> </ul>
Effondrement	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Etude de sol préalable</li> <li>■ Calcul des fondations selon les normes en vigueur</li> <li>■ Contrôle des calculs et des travaux</li> <li>■ Renforcement du sol naturel</li> <li>■ Déclaration de conformité de l'aérogénérateur selon les normes en vigueur</li> </ul>
Incendie	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Capteurs de température avec alarmes</li> <li>■ Alarme de niveau sur les circuits d'huile</li> <li>■ Vérification périodique des organes de sécurité</li> <li>■ Détecteurs de fumée</li> <li>■ Protection contre la foudre (mise à la terre + para-surtenseurs)</li> <li>■ Consignes et procédures</li> </ul>
Chute d'élément	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Contrôle périodique</li> <li>■ Détection de balourd</li> </ul>
Collision	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Balisage d'aviation sur chaque éolienne</li> </ul>
Survitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Capteur de vitesse de vent alarmé avec arrêt par le système de conduite pour des vents supérieurs à 25 m/s</li> <li>■ Arrêt sur survitesse du rotor par le système de sécurité (VOG)</li> </ul>

**Tableau 45 : Mesures entreprises ou améliorées pour réduire le risque**

Les différentes barrières de sécurité adoptées par Les Vents de l'Est Artois S.A.S et mises en place sur l'installation Extension Plaine d'Escrebieux sont décrites plus précisément par la suite.

*Cf. 7.3, «Mise en place des barrières ou mesures de sécurité», page 116*

## 6.4. Limites de l'accidentologie

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

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

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

# 7. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'évaluation des risques a pour objectif l'identification des situations dangereuses amenant à des risques majeurs sur le site. Elle met en œuvre des méthodes qualitatives basées sur le retour d'expérience et l'état de l'art dans le domaine des études de dangers.

Sur la base des potentiels de dangers identifiés précédemment, une méthode d'analyse des risques de type **Analyse Préliminaire des Risques (APR)** a été appliquée pour identifier l'ensemble des séquences accidentelles, et phénomènes dangereux associés, pouvant déclencher la libération du danger. Ainsi, l'APR permet de hiérarchiser :

- les situations de danger pouvant survenir ;
- les causes à l'origine des situations de danger ;
- les conséquences de ces situations de danger en termes de phénomènes dangereux ;
- les mesures de maîtrise des risques pouvant être mises en place.

Cette méthode est développée dans ce chapitre.

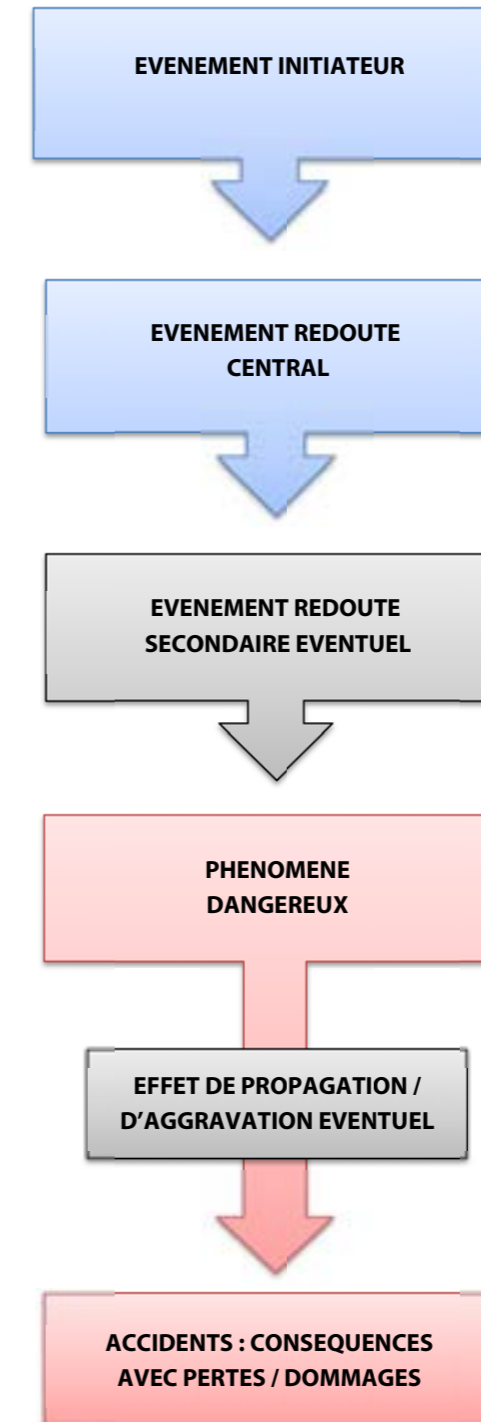


Figure 14 : Schéma d'une séquence accidentelle

## 7.1. Description et objectifs de la méthode APR

### 7.1.1. Principe généraux de l'APR

#### 7.1.1.1. Définition de l'APR

L'APR est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'ensemble des composants du système étudié.

L'Analyse Préliminaire des Risques nécessite dans un premier temps l'identification des éléments dangereux du système étudié (substances, équipements, opérations, procédés, etc.). L'identification de ces éléments se fonde sur la description fonctionnelle de l'installation réalisée avant la mise en œuvre de la méthode, ainsi que sur le retour d'expérience en matière d'accidentologie, sur les activités similaires à celles de l'installation projetée.

L'APR vise à identifier, pour un élément potentiellement dangereux, une ou plusieurs situations de dangers.

**Dans le cadre de ce document, une situation de danger est définie comme une situation qui, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à l'exposition des enjeux humains à un ou plusieurs phénomènes dangereux.**

L'avantage principal de l'Analyse Préliminaire des Risques est de permettre un examen relativement rapide des situations potentiellement dangereuses sur des installations. En revanche, l'APR ne permet pas de caractériser finement l'enchaînement des événements susceptibles de conduire à un accident majeur pour des systèmes complexes. Comme son nom l'indique, il s'agit à la base d'une méthode préliminaire d'analyse qui permet d'identifier des points critiques devant faire l'objet d'une étude plus détaillée.

#### 7.1.1.2. Objectifs de l'APR

L'objectif principal de la méthode d'APR est d'**identifier les scénarios d'accidents possibles** (qui se sont produits ou qui pourraient se produire) à travers l'**analyse et la hiérarchisation des risques inhérents à l'installation**.

Les scénarios d'accidents potentiels pouvant avoir des conséquences sur les tiers feront par la suite l'objet d'une étude plus détaillée, notamment en termes de gravité des conséquences potentielles sur les personnes et de fréquence d'occurrence.

### 7.1.2. Méthode d'APR employée

L'APR employée dans le cadre de cette étude de dangers se présente sous la forme de tableaux de synthèse, reprenant toutes les séquences accidentelles pouvant conduire à un phénomène dangereux sur le site de l'installation Extension Plaine d'Escrebieux mais également autour du parc éolien, dont les effets peuvent être à l'origine d'un accident. Cette méthode s'appuie sur les travaux réalisés par le groupe de travail SER-INERIS dans son étude de dangers générique.

#### 7.1.2.1. Types de scénarios d'accidents

Les différents scénarios listés dans les tableaux de l'APR sont regroupés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience et à la mise en évidence des potentiels de dangers.

Vues les caractéristiques de l'installation projetée et de son environnement, et vu le retour d'expérience en matière d'éoliennes, les typologies d'accidents potentiels, susceptibles de se produire sur le site du parc Extension Plaine d'Escrebieux sont :

- les scénarios concernant la glace,
- ceux concernant l'incendie,
- ceux concernant les fuites de substances,
- ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne,
- ceux concernant les risques de projection de pales ou fragments de pales,
- ceux concernant les risques d'effondrement.

#### 7.1.2.2. Contenu du tableau d'APR

Les tableaux d'APR sont donc établis en fonction du type d'accident redouté. Ils reprennent les informations suivantes :

- L'**équipement** de l'installation concerné ;
- Les **séquences accidentelles**, c'est-à-dire la succession des événements pouvant conduire à un événement redouté central, lequel est susceptible de conduire au phénomène dangereux ;

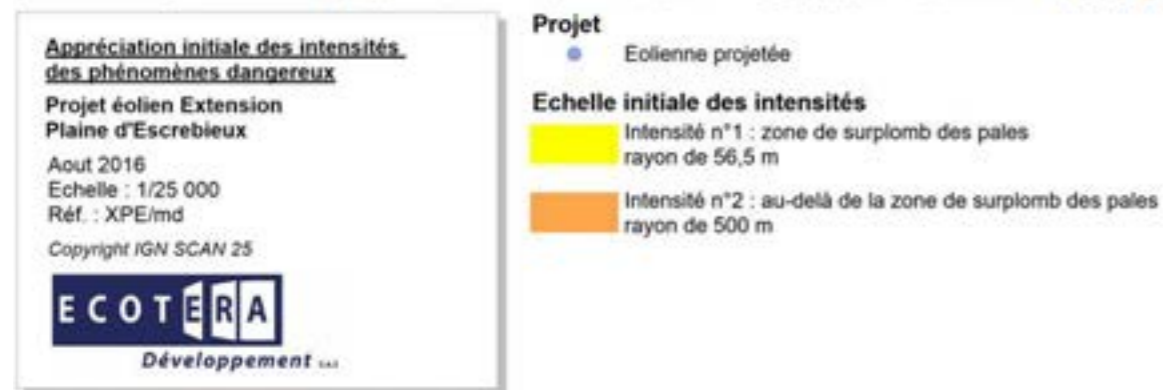
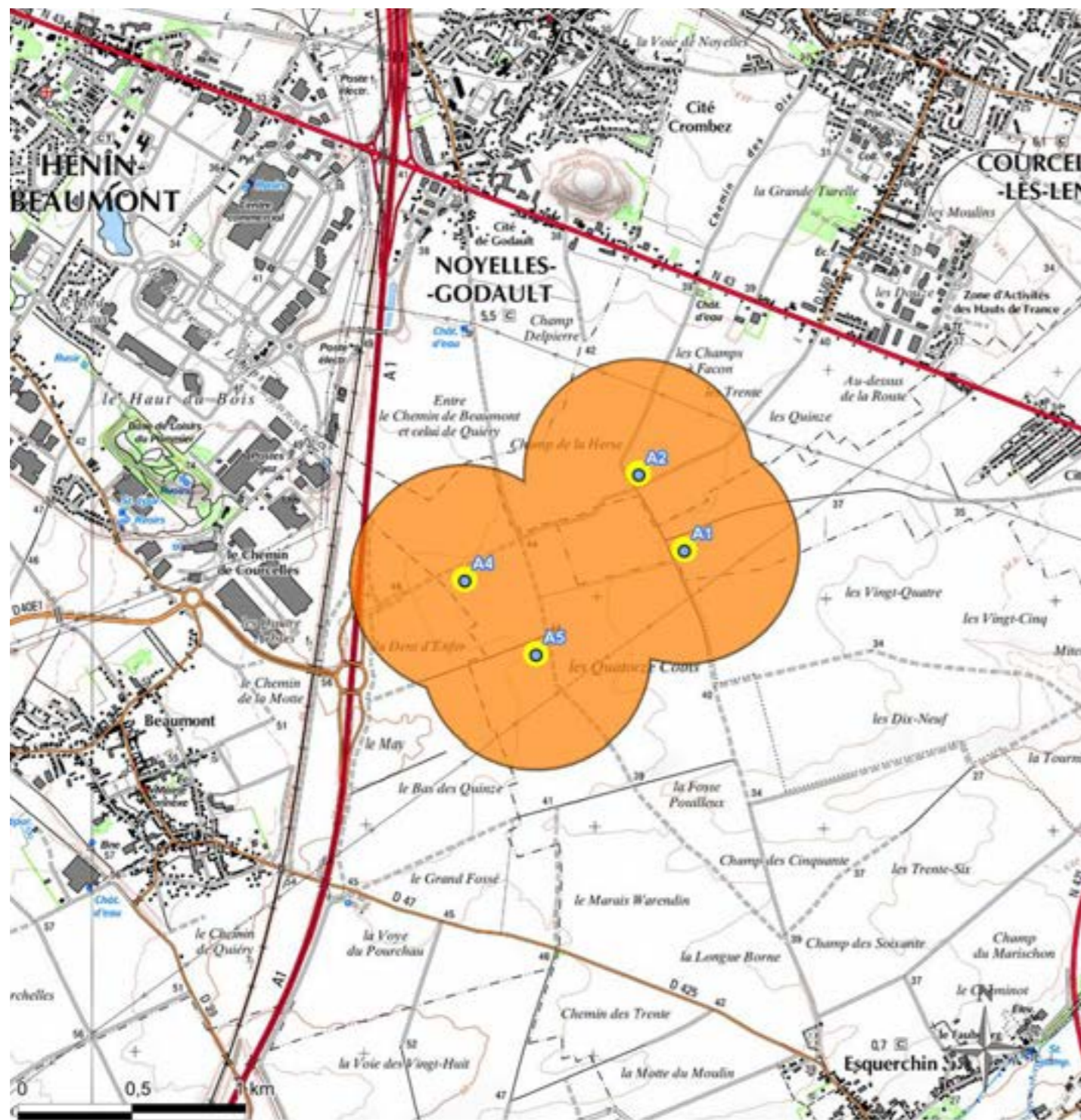
#### *Cf. Figure 14*

- La ou les **fonctions de sécurité** : il s'agit du ou des dispositifs permettant de prévenir l'évènement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux. **Ces fonctions de sécurité sont par ailleurs numérotées, car elles sont décrites et évaluées ultérieurement ;**
- Le **phénomène dangereux** dont les effets sur les enjeux sont à l'origine d'un accident ;
- L'**appréciation initiale de intensité** du phénomène dangereux, renseignée par le biais d'une évaluation qualitative de la zone d'effet du phénomène selon une échelle adaptée :

«1» : phénomène dont la zone d'effet reste a priori limitée au surplomb de la machine

«2» : phénomène impactant potentiellement des enjeux autour de l'installation

Ces zones d'effets supposées sont cartographiées. *Cf. Carte 31*



Carte 31 : Appréciation initiale de l'intensité des phénomènes dangereux

### 7.1.3. Événements exclus de l'APR

En application de l'Arrêté du 10 mai 2000 modifié par l'Arrêté du 5 octobre 2010 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, les **événements initiateurs externes suivants**, pouvant initier une séquence accidentelle, **ne seront pas pris en compte dans l'APR** :

- Chute de météorite ;
- Séisme d'amplitude supérieure au séisme maximum de référence éventuellement corrigé 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'aéronef sur le site hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (le site se trouve à plus de 2000 mètres de tout point d'une piste de décollage ou d'atterrissage) ;
- Rupture de barrage visé par la circulaire 70-15 du 14 Août 1970 relative aux barrages intéressant la sécurité publique ;
- Actes de malveillance.

Pour rappel, **le risque de sur-accident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements initiateurs suivants** :

- Inondation ;
- Séisme d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- Incendie de cultures ou de forêts ;
- Pertes de confinement de canalisation de transport de matières dangereuses ;
- Explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne ;
- Egalement, les **effets directs de la foudre et le risque de « tension de pas » ne seront pas pris en compte** comme le précise le guide technique national validé par la DGPR :

«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.

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.»

Pour rappel, **les éoliennes Siemens respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010).**

## 7.2. Identification des scénarios d'accidents potentiels

### 7.2.1. Tableaux d'APR

#### 7.2.1.1. Scénarios d'accidents potentiels liés au risque de fuite

Équipement concerné	Séquence accidentelle			Fonction de sécurité et numéro	Phénomène dangereux redouté	Intensité
	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central			
Nacelle	Fuite de système(s) de lubrification	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât puis sur le sol	<b>Infiltration d'huile dans le sol</b>	Prévention et rétention des fuites - N°8	<b>Pollution de l'environnement</b>	1
	Fuite du convertisseur					
	Fuite du transformateur					
Pied de l'éolienne	Renversement / fuite de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement d'huile	<b>Infiltration d'huile dans le sol</b>	Prévention et rétention des fuites - N°8	<b>Pollution de l'environnement</b>	1

Tableau 46 : Scénarios d'accidents liés au risque de fuite

#### 7.2.1.2. Scénarios d'accidents potentiels liés au risque de projection de pale ou fragment de pale

Équipement concerné	Séquence accidentelle			Fonction de sécurité	Phénomène dangereux redouté	Intensité
	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central			
Pales / Rotor	Foudre	Fragilisation de la pale	<b>Projection de tout ou partie de pale</b>	Prévenir les effets de la foudre - N°6	<b>Impact sur un tiers</b>	2
	Vents forts à l'origine d'une survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	<b>Projection de tout ou partie de pale</b>	Prévenir la survitesse - N°4	<b>Impact sur un tiers</b>	2
	Fatigue / Défaut de pale	Fragilisation de la pale	<b>Projection de tout ou partie de pale</b>	Prévenir la dégradation de l'état des équipements - N°11	<b>Impact sur un tiers</b>	2
	Serrage inapproprié / Défectuosité des fixations	Fragilisation de la pale	<b>Projection de tout ou partie de pale</b>	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9	<b>Impact sur un tiers</b>	2
	Erreur maintenance - Desserrage	Fragilisation de la pale	<b>Projection de tout ou partie de pale</b>	Prévenir les erreurs de maintenance - N°10	<b>Impact sur un tiers</b>	2
	Corrosion des dispositifs de fixation de la pale sur le moyeu	Dommages sur ces dispositifs, dommages sur la structure de la pale	<b>Projection de tout ou partie de pale</b>	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9	<b>Impact sur un tiers</b>	2

Tableau 47 : Scénarios d'accidents liés au risque de projection de pale ou fragment de pale

On parle essentiellement de projection de pale ou de bris de pale le rotor est en mouvement, entraînant la projection du morceau de pale décroché.



## 7.2.1.3. Scénarios d'accidents liés au risque d'incendie

Équipement concerné	Séquence accidentelle			Fonction de sécurité	Phénomène dangereux redouté	Intensité
	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central			
Mât	Travaux par points chauds	Echauffement des circuits d'huile	<b>Départ d'incendie des matières combustibles présentes</b>	Prévenir les erreurs de maintenance - N°10	<b>Incendie - Chute / Projection d'éléments enflammés</b>	2
	Humidité - Gel Dysfonctionnement électrique	Surtension et Court-circuit	<b>Départ d'incendie</b>	Prévenir les courts-circuits - N°5	<b>Incendie - Chute / Projection d'éléments enflammés</b>	2
Cellule de protection	Travaux par points chauds	Surtension et Court-circuit	<b>Départ d'incendie</b>	Prévenir les erreurs de maintenance - N°10	<b>Incendie</b>	2
	Dysfonctionnement électrique	Fuite du gaz isolant (SF <sub>6</sub> )		Prévenir les courts-circuits - N°5		
Nacelle	Travaux par points chauds	Surtension et Court-circuit	<b>Départ d'incendie des matières combustibles présentes</b>	Prévenir les erreurs de maintenance - N°10	<b>Incendie - Chute / Projection d'éléments enflammés</b>	2
	Dysfonctionnement électrique			Prévenir les courts-circuits - N°5		
	Désaxage de la génératrice	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	<b>Départ d'incendie</b>	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques - N°3	<b>Incendie - Chute / Projection d'éléments enflammés</b>	2
	Pièce défectueuse Défaut de lubrification					
Pales / Rotor	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	<b>Départ d'incendie</b>	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques - N°3 Prévenir la survitesse - N°4	<b>Incendie - Chute / Projection d'éléments enflammés</b>	2
Poste de livraison	Rongeur	Surtension et court-circuit	<b>Départ d'incendie</b>	Prévenir les courts-circuits - N°5 Protection et intervention incendie - N°7	<b>Incendie du poste de livraison</b>	2
	Dysfonctionnement électrique					

Tableau 48 : Scénarios d'accidents liés au risque d'incendie

## 7.2.1.4. Scénarios d'accidents concernant la glace

Équipement concerné	Séquence accidentelle			Fonction de sécurité	Phénomène dangereux redouté	Intensité
	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central			
Pales / Rotor	Conditions climatiques favorables à la formation de glace / à la chute de neige	Dépôt de glace sur les pales, le mât, la nacelle	<b>Chute de plaque de givre lorsque l'éolienne est arrêtée</b>	Prévenir l'atteinte des personnes par les chutes de glace - N°2	<b>Impact sur un tiers</b>	1
		Dépôt de glace sur les pales	<b>Projection de plaque de givre lorsque l'éolienne tourne</b>	Prévenir la mise en mouvement du rotor lors de la formation de glace - N°1	<b>Impact sur un tiers</b>	2

Tableau 49 : Scénarios d'accidents liés aux risques de chute et de projection de glace

## 7.2.1.5. Scénarios d'accidents liés au risque de chute d'un élément de l'éolienne

Les scénarios de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs lorsque le rotor est à l'arrêt (absence de vent, maintenance, arrêt manuel, ...).

Équipement concerné	Séquence accidentelle			Fonction de sécurité	Phénomène dangereux redouté	Intensité
	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central			
Pales / Rotor	Fatigue	Fragilisation de la pale	<b>Chute d'un élément de l'éolienne</b>	Prévenir la dégradation de l'état des équipements - N°11	<b>Impact sur un tiers</b>	1
	Serrage inapproprié - Desserrage : Défaillance de la fixation des pales au moyeu			Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9 Prévenir les erreurs de maintenance - N°10		
	Corrosion	Dommages sur les dispositifs de fixation des pales sur le moyeu / Dommages sur la structure de la pale	<b>Chute d'un élément de l'éolienne</b>	Prévenir la dégradation de l'état des équipements - N°11	<b>Impact sur un tiers</b>	1
	Foudre	Fragilisation accrue de la pale	<b>Chute d'un élément de l'éolienne</b>	Prévenir les effets de la foudre - N°6	<b>Impact sur un tiers</b>	1
Défaut de la pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9 Prévenir la dégradation de l'état des équipements - N°11					
Nacelle	Défaut de la fixation entre la nacelle, le pivot central et le mât	Décrochage de la nacelle	<b>Chute d'un élément de l'éolienne</b>	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9	<b>Impact sur un tiers</b>	1
	Erreur maintenance / Défaut de fixation de la trappe	Décrochage de la trappe	<b>Chute d'un élément de l'éolienne</b>	Prévenir les erreurs de maintenance - N°10 Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9	<b>Impact sur un tiers</b>	1
	Erreur de maintenance / Défaillance de fixation d'un anémomètre	Décrochage de l'anémomètre	<b>Chute d'un élément de l'éolienne</b>	Prévenir les erreurs de maintenance - N°10 Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9	<b>Impact sur un tiers</b>	1

Tableau 50 : Scénarios d'accidents liés au risque de chute d'un élément de l'éolienne

## 7.2.1.6. Scénarios d'accidents liés au risque d'effondrement

Équipement concerné	Séquence accidentelle			Fonction de sécurité	Phénomène dangereux redouté	Intensité
	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central			
Fondation	Défaut de conception	fragilisation de la structure	<b>Effondrement de l'éolienne</b>	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9	<b>Chute du mât Chute / Projection de fragments Impact sur un tiers</b>	2
	Erreur humaine lors des travaux					
Mât	Effets dominos autre installation	Choc sur le mât	<b>Effondrement de l'éolienne</b>	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9 Actions de prévention mises en oeuvre dans le cadre du plan de prévention - N°13	<b>Chute du mât Chute / Projection de fragments Impact sur un tiers</b>	2
	Effondrement d'un engin de levage					
	Choc d'un véhicule					
	Vents forts	Défaillance fixation mât - fondation Défaillance fondation Défaillance mât	<b>Effondrement de l'éolienne</b>	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9 Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	<b>Chute du mât Chute / Projection de fragments Impact sur un tiers</b>	2
	Fatigue / Usure des fixations	Défaillance mât	<b>Effondrement de l'éolienne</b>	Prévenir la dégradation de l'état des équipements - N°11	<b>Chute du mât Chute / Projection de fragments Impact sur un tiers</b>	2
	Faiblesse / Défaut de conception			Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9		
Pale / Rotor	Désaxage critique du rotor	Impact pale sur mât	<b>Effondrement de l'éolienne</b>	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage - N°9 Prévenir les erreurs de maintenance - N°10	<b>Chute du mât Chute / Projection de fragments Impact sur un tiers</b>	2

Tableau 51 : Scénarios d'accidents liés au risque d'effondrement

## 7.2.2. Effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, il existe une possibilité que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un nouvel accident. Ce phénomène est appelé «effet domino».

Dans le cadre d'une installation composée d'aérogénérateurs, 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».*

Le groupe de travail SER-ENERIS propose, dans le guide technique national, au travers d'une démarche proportionnée et en accord avec cette réglementation, de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de l'étude de dangers. Il propose également de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE lorsque celle-ci se situe dans un rayon de **100 m**.

Dans le cadre du projet éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, **aucune ICPE n'est située à moins de 100 m d'un des aérogénérateurs.**

**Ainsi, en cohérence avec les préconisations du guide technique national et avec la réglementation, les effets dominos ne seront pas abordés dans l'étude de dangers du projet éolien Extension Plaine de l'Escrebieux.**

## 7.3. Mise en place des barrières ou mesures de sécurité

La démarche de maîtrise des risques accidentels vis-à-vis des intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'Environnement consiste à réduire autant que possible la probabilité ou l'intensité des effets des phénomènes dangereux conduisant à des accidents majeurs potentiels, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques, et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Cette étape de l'APR consiste donc à identifier les **barrières de sécurité** installées sur les aérogénérateurs du parc éolien Extension Plaine d'Escrebieux et qui interviennent en prévention des phénomènes dangereux identifiés ou permettent d'avorter ou du moins de limiter leurs conséquences.

Les barrières de sécurité correspondent à l'ensemble des éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité, mis en place par l'exploitant. Ces éléments seront dans un premier temps décrits et caractérisés avant d'être évalués.

### 7.3.1. Types de barrières de sécurité

La prise en compte de ces barrières de sécurité permet de décrire le risque associé à une situation de dangers. En effet :

- les **barrières de prévention** permettent de diminuer la fréquence d'occurrence (probabilité) des événements redoutés ;
- les **barrières d'intervention / de protection** permettent de diminuer la gravité des conséquences sur les enjeux potentiels ;
- les **barrières de limitation** visent à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux.

Celles mises en œuvre sont celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus, soit en termes de sécurité globale de l'installation, soit en termes de sécurité pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'Environnement.

## 7.3.2. Description des fonctions de sécurité

### 7.3.2.1. Fonction de sécurité n°1 :

#### Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de givre

#### PRÉVENTION

La société Les Vents de l'Est Artois S.A.S a opté pour un **système de déduction de formation de givre** sur les pales, afin d'anticiper et d'adapter la mise en mouvement de l'éolienne.

Lorsque les conditions météorologiques observées sur site sont favorables à la formation de glace et/ou à la chute de neige, le système de déduction redondant adopté permet de **suspecter** la présence de givre sur les pales :

- ◆ La formation de glace ou l'accumulation de neige sur les pales modifie leur comportement aérodynamique, et entraîne donc une modification du rendement énergétique. Cela se manifeste par un «écart» sur la courbe de puissance par rapport à la courbe théorique utilisée comme référentiel pour les dispositifs de contrôle.
- ◆ D'autre part, les éoliennes Siemens sont équipées de détecteurs de vibration implantés sous le multiplicateur. Ils permettent de détecter toute anomalie de la chaîne cinématique pouvant être due à un balourd du rotor notamment, pouvant être causé par une accumulation de glace sur les pales.

#### LIMITATION

En cas de suspicion de la présence de givre sur les pales (température négative, écart sur la courbe de puissance détecteur de vibration), les éoliennes sont mises à l'arrêt immédiatement (dans un délai n'excédant pas soixante minutes conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26/08/2011).

Le redémarrage des machines est effectué soit sur place après vérification visuelle de la disparition du givre sur les pales, ou peut se faire automatiquement à distance après disparition des conditions de gel.

### 7.3.2.2. Fonction de sécurité n°2 : Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace / neige

#### PRÉVENTION

Il convient de rappeler que les éoliennes sont éloignées des zones habitées, les premières habitations se situent en effet à plus de 790 m des éoliennes. La distance d'éloignement réglementaire vis-à-vis des zones habitées et urbanisables de 500 m est donc bien respectée par le projet. L'installation respecte également les distances de sécurité vis-à-vis des ouvrages et infrastructures environnants. Cet éloignement permet de limiter l'atteinte des personnes par la chute de glace ou de neige.

La société d'exploitation Les Vents de l'Est Artois S.A.S mettra en place au niveau de l'accès conduisant à chaque machine un panneau informant le public, notamment sur les risques de formation et de chute de glace, conformément à [l'article 14 de l'arrêté du 26/08/2011](#), bien que les conditions météorologiques du site ne présentent pas de caractère particulièrement rude en hiver.

L'exploitant s'assurera que les panneaux demeurent lisibles (vérification de l'état général, nettoyage, entretien de la végétation).



Figure 12 : Exemple de pictogrammes relatifs aux risques liés à la glace et aux basses températures pouvant figurer sur les panneaux d'information

### 7.3.2.3. Fonction de sécurité n°3 : Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques

#### PRÉVENTION

Des capteurs de température sont mis en place sur certains équipements (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur, circuit d'huile, circuit d'eau). Ces capteurs ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor. Certains capteurs ont également des seuils bas qui déclenchent un système de chauffage localisé.

Les évolutions de température ambiante peuvent également perturber le fonctionnement de l'éolienne. Ainsi une température trop élevée peut limiter l'efficacité des systèmes de refroidissement (mauvaise évacuation des énergies) ou affecter le fonctionnement de certains composants. De même, une température trop basse peut limiter l'efficacité des systèmes de lubrification ou influencer sur le fonctionnement des systèmes hydrauliques (augmentation de la viscosité des graisses et huiles).

Ainsi des capteurs sont mis en place pour mesurer les températures ambiantes. Un capteur, situé sous la nacelle, contrôle la température externe et conduit à l'arrêt de l'éolienne (mise en pause) pour une température supérieure à 40°C (ou inférieure à -20°C).

#### 7.3.2.4. Fonction de sécurité n°4 : Prévenir la survitesse

##### PRÉVENTION

La prévention de la survitesse, et donc de l'emballement du rotor d'une éolienne, est assurée par deux dispositifs redondants :

1. La vitesse du vent est mesurée en permanence par les anémomètres fixés sur **le caloporteur / le toit de la nacelle**. En cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, le système de coupure s'enclenche immédiatement, l'éolienne est mise à l'arrêt, indépendamment du système de contrôle commande.
2. Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures ou de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, l'éolienne est mise à l'arrêt immédiatement par un système de coupure.

Le système de freinage déployé est alors double : la mise en drapeau des pales (frein aérodynamique) couplé au frein mécanique.

En cas de défaillance du système de contrôle, un **système indépendant «VOG» (Vestas Overspeed Guard) permet également d'arrêter le rotor par mise en drapeau des pales** (rotation à 90°). Toutes les éoliennes Vestas en sont équipées. Il s'agit d'un système à sécurité positive auto-surveillé.

En cas d'arrêt par survitesse, l'éolienne ne peut être redémarrée à distance (nécessité d'un déplacement sur place).

Conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26/08/2011, l'exploitant sera en mesure de transmettre si nécessaire l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne, de type survitesse.

#### 7.3.2.5. Fonction de sécurité n°5 : Prévenir les courts-circuits

##### LIMITATION

Afin de limiter les risques liés à des courts-circuits, outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans la nacelle, qui abritent notamment le système de contrôle, sont équipées d'un **détecteur d'arc**.

Ce système a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.

Le fonctionnement de ce détecteur commande le déclenchement de la cellule HT (haute tension) située au pied du mât, conduisant ainsi à la **mise hors tension de la machine**, et à la transmission d'une alerte vers l'exploitant.

La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être effectués qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.

### 7.3.2.6. Fonction de sécurité n°6 : Prévenir les effets de la foudre

#### PRÉVENTION

D'une part, **les éoliennes du parc Extension Plaine d'Escrebieux seront mises à la terre**, conformément aux dispositions de l'arrêté du 26/08/2011.

Le système de mise à la terre de l'éolienne Siemens est assuré par un ensemble de prises de terre individuelles, intégrées dans les fondations puis connectées sur une barre de terre située en pied de mât.

Sont raccordés sur cette barre, la terre des équipements électriques et le dispositif de protection contre la foudre.

D'autre part, toutes les éoliennes Siemens sont équipées d'un système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la **classe de protection I de la norme internationale IEC 61 400**.

Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, **les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre**. En effet, le point haut de l'éolienne est constitué du sommet de la pale qui culmine entre 150 et 164,5 m de haut en fonction du type d'éolienne, et représente donc un point singulier en cas d'orage. De plus, les matériaux constituant la pale sont synthétiques (résines et fibres de verre), mauvais conducteurs électriques, et donc ne facilitant pas l'écoulement des charges en cas de coup de foudre.

Afin de limiter les effets de la foudre sur les éoliennes Siemens, les mesures suivantes sont mises en place :

- Les pales sont équipées, sur leurs deux faces à intervalles réguliers (tous les 5 m environ), de pastilles métalliques en acier inoxydable, reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale.  
Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre.  
Un dispositif métallique flexible (LCTU : Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle. Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille.
- **En cas de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.**
- Certains équipements présents dans la nacelle, notamment le générateur, le châssis du transformateur, et la sortie basse tension du transformateur, sont **reliés au châssis de la nacelle mis à la terre**. Le multiplicateur est isolé électriquement du générateur.
- Les **circuits électriques sont blindés contre les champs électriques et magnétiques**, et équipés de parasurtenseurs afin de protéger les équipements des surtensions et des surintensités.
- Les capteurs de vents disposés sur le toit de la nacelle, de même que les dispositifs de balisage lumineux sont protégés contre les coups de foudre directs (dispositifs de capture reliés à la structure métallique de la nacelle, elle-même mise à la terre).

Il convient de préciser que les éoliennes (rubrique 2980 de la législation des ICPE) ne sont pas mentionnées par l'arrêté du 15/01/2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées (demandant systématiquement une Analyse du Risque Foudre - ARF).

### 7.3.2.7. Fonction de sécurité n°7 : Protection et intervention incendie

#### PRÉVENTION

Un bon entretien des machines est essentiel dans la prévention d'un incendie. Aucune substance combustible ne doit suinter. Les postes de travail sont systématiquement nettoyés après intervention. Par ailleurs aucun stockage de matières combustibles ou inflammables n'est autorisé à l'intérieur des éoliennes.

Les flammes nues sont également interdites sur le site, et les travaux à chaud sont strictement encadrés.

#### PROTECTION / INTERVENTION

1. La nacelle est équipée **en option** d'un **détecteur de fumée**, disposé à proximité des armoires électriques. Un deuxième détecteur est implanté au pied du mât, également au dessus des armoires électriques. Le détecteur de fumée de la nacelle est, d'un point de vue de la détection incendie redondant avec la détection de température haute (fonction de sécurité n°3).

Le déclenchement de ces détecteurs de fumée génère une **alarme locale** (sirène dans la nacelle et le mât) et une **information vers le système de contrôle** (arrêt d'urgence de l'éolienne et isolement électrique par les cellules de protection en pied de mât).

Simultanément **un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance** via le système de contrôle commande.

Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS).

2. Un **extincteur CO<sub>2</sub>** est présent dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).

Egalement, en cas d'incendie, le personnel de l'installation doit respecter une procédure de mise en sécurité et d'alerte des services de secours qui prennent le relai de l'intervention.

Conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26/08/2011, l'exploitant sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'éolienne.

*Cf. 10, «Nature, organisation & intervention des moyens de secours», page 167*



### 7.3.2.8. Fonction de sécurité n°8 : Prévention et rétention des fuites

#### PRÉVENTION

L'éolienne Siemens est munie de plusieurs **capteurs alarmés de pression** (mesures de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale et dans le circuit de lubrification du multiplicateur) **et de niveau** (mesures effectuées sur le multiplicateur, le groupe hydraulique et le circuit de refroidissement par eau glycolée). Ces capteurs conduisent à la mise à l'arrêt de la machine en cas de pression basse / niveau bas (en dessous des seuils de pression / de niveau prédéfinis).

D'autre part, les **opérations de vidange** des substances utilisées dans la machine font l'objet de **procédures spécifiques**. Le transfert des huiles propres et usagées se fait de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre le circuit et le camion de vidange. Le **personnel d'intervention est formé et habilité** à réaliser ces opérations.

#### LIMITATION

En cas d'écoulement dans la nacelle, celle-ci et le moyeu forment rétention, de même que la plateforme inférieure de la tour, dotée d'un réservoir dimensionné pour recevoir la totalité du liquide de refroidissement en cas de fuite.

Egalement, la surface bétonnée emprise par la fondation à l'extérieur et sous l'éolienne forme un barrage contre l'infiltration des substances.

Le caractère visqueux de la majorité des substances utilisées limite également le risque d'infiltration.

#### PROTECTION / INTERVENTION

En cas d'urgence, des **kits de dépollution** peuvent être utilisés. Ces kits se composent de grandes feuilles de textile absorbant, permettant de contenir et d'arrêter la propagation de la pollution en absorbant jusqu'à 20 litres de liquides et produits chimiques, et de récupérer les déchets absorbés. Ces kits de dépollution seront mis à disposition de chaque équipe de maintenance par l'exploitant, et stockés dans les véhicules de maintenance.

Si ces kits anti-pollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée sera mandatée par l'exploitant pour traiter le sol souillé via les filières adéquates.



Figure 13 : Exemple de kit anti-pollution (Source : [www.textiles-essuyages.com](http://www.textiles-essuyages.com))

### 7.3.2.9. Fonction de sécurité n°9 : Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage

#### PRÉVENTION

Cette fonction de sécurité est assurée dès la conception des machines par le respect de la **norme IEC 61 400-1 «Exigences pour la conception des aérogénérateurs»** fixant 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.

Egalement, lors la fabrication et du montage des éoliennes, des contrôles rigoureux sont effectués par des organismes de contrôle indépendants et certifiés (ex: DEKRA, APAVE, SOCOTEC, etc.).

Par ailleurs, le personnel intervenant lors de la construction des machines est formé à son poste de travail.

Pour rappel, les certificats de conformité des aérogénérateurs SWT-3.2-113 sont fournis en annexe de l'étude d'impact du projet.

*Cf. Partie n°B-3a du Dossier de Demande d'Autorisation Unique - Étude d'impact Santé & Environnement*

Enfin, lors de l'exploitation des machines, des contrôles réguliers des interfaces tour/fondation, et des différentes pièces d'assemblage (brides, joints, etc.) sont effectués.

### 7.3.2.10. Fonction de sécurité n°10 : Prévenir les erreurs de maintenance

#### PRÉVENTION

Afin de prévenir toute erreur de maintenance, la société Les Vents de l'Est Artois S.A.S s'assure les compétences d'un personnel de maintenance qualifié, ayant reçu une formation adaptée, respectant pour chaque opération les procédures établies dans le manuel de maintenance.

L'exploitant s'attache également à assurer la sécurité du personnel d'intervention. Ainsi outre les procédures et manipulations à respecter pour assurer la sécurité de l'installation, le personnel de maintenance et d'entretien recevra une formation en vue d'assurer sa propre sécurité lors des interventions. Il sera notamment formé aux procédures d'évacuation en cas de risque avéré.

### 7.3.2.11. Fonction de sécurité n°11 : Prévenir les risques de dégradation en cas de vent fort

#### PRÉVENTION

La classe des éoliennes choisies pour le projet Extension Plaine d'Escrebieux est adaptée au site et au régime des vents (classe CEI IIA).

Egalement, les pièces mobiles de l'éolienne sont régulièrement inspectées afin de prévenir tout risque de dégradation. Des mesures correctives sont mises en place si une anomalie est détectée.

D'autre part, lorsque la vitesse de vent détectée est trop élevée (supérieure au seuil de vitesse maximale), l'éolienne est mise à l'arrêt automatiquement avec mise en drapeau des pales par le système de conduite.

### 7.3.3. Appréciation des barrières de sécurité

Comme indiqué dans le rapport d'étude n°20 «Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité» de l'INERIS (N° DRA-09-103041-06026B du 21/09/2009 - Programme 181 - DRA 77 : «Maîtrise des risques accidentels par les dispositions technologiques et organisationnelles») : « les données collectées permettent dans un premier temps de « sélectionner » la barrière en s'assurant qu'elle satisfait aux trois critères minimaux suivants : l'indépendance, l'efficacité (ou capacité de réalisation) et le temps de réponse. Une fois « sélectionnée », la barrière a été évaluée pour sa contribution à la réduction des risques d'accident. Cette évaluation se fait à travers le critère du niveau de confiance ».

Les mesures de sécurité adoptées sont évaluées au sein d'un tableau, en fonction des critères suivants :

- **Indépendance :** Il s'agit du 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 («oui») ou non («non»).
- **Temps de réponse :** C'est le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir un accident ou pour limiter ses conséquences.
- **Efficacité :** Il s'agit de 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. Cette évaluation permet de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée.
- **Test :** Il s'agit ici de reporter la fréquence des tests et essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques.
- **Maintenance :** Ce critère reprend la fréquence des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Les maintenances curatives, comme le remplacement d'un composant en cas de dysfonctionnement, ne sont pas précisées.

Il convient de rappeler que **l'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes de l'installation Extension Plaine d'Escrebieux sera conforme aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011.**

Ce tableau a été réalisé en combinant les données génériques du guide technique «Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens» du groupe de travail SER-INERIS; tout en s'appuyant sur les données de Siemens, constructeur des éoliennes envisagées.

Le lecteur peut se référer aux tableaux d'APR afin d'identifier les séquences accidentelles concernées.

Fonction de sécurité		Mesure(s) de maîtrise des risques / Mesure(s) de sécurité					
Intitulé	n°	Synthèse des Mesure(s) / Dispositif(s)	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Tests	Maintenance
Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	1	Système de déduction redondant de formation du givre + mise à l'arrêt de l'éolienne + Procédure adéquate de redémarrage	non	quelques minutes (<60 min)	100 %	Test des capteurs et des procédures à la mise en service et à chaque maintenance	Préventive au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance annuelle
Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	2	Panneautage en pied de machines	oui	sans objet	100 %	sans objet	Vérification de l'état général, nettoyage, entretien de la végétation
Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	3	Capteurs de température des pièces mécaniques avec seuils critiques prédéfinis + Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement	oui	peut être long	100 %	Test des capteurs et des procédures à la mise en service et à chaque maintenance	Préventive au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel
Prévenir la survitesse	4	Détection de vent fort par les capteurs extérieurs + Mise à l'arrêt	oui	< 1 minute + transmission de l'alerte en moins de 15 min aux services d'urgence	100 %	Test des capteurs + tests d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service	Préventive au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel
		Détection de vitesse élevée de génératrice et de l'arbre lent par le système de conduite + Mise à l'arrêt	oui		100 %		
Prévenir les courts-circuits	5	Disjoncteurs thermiques et différentiels	oui	immédiat	100 %	/	Vérifications des composants Contrôle des installations électriques avant la mise en service puis à une fréquence annuelle
		Détection d'arc avec coupure électrique	oui		100 %		
Prévenir les effets de la foudre	6	Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010) Mise à la terre	oui	immédiat	100 %	Inspection et vérification des connexions sur la chaîne de protection de l'éolienne à la mise en service	Contrôle visuel annuel des pales et autres éléments susceptibles d'être impactés par la foudre
Protection et intervention incendie	7	Capteurs de température + Mise à l'arrêt de la machine en cas de dépassement des seuils	oui	peut être long	100 %	Test des capteurs et des procédures à la mise en service et à chaque maintenance	Préventive après 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel Contrôle périodique du matériel incendie
		Présence d'extincteurs dans l'éolienne + Procédure d'alerte et d'intervention des secours (SDIS)	oui	< 1 minute + transmission de l'alerte en moins de 15 min aux services d'urgence	100 %		
Prévention et rétention des fuites	8	Capteurs de niveau bas d'huile et de liquide refroidissement + capteur de pression basse d'huile	oui	fonction du débit de fuite	100 %	Autosurveillance de la machine Test des capteurs et inspection visuelle des niveaux à chaque maintenance	Inspection régulière des niveaux d'huile
		Procédure d'urgence + kit antipollution	oui		100 %		
Prévenir les défauts de stabilité et d'assemblage (construction - exploitation)	9	Contrôle des études et du montage	oui	sans objet	100 %	sans objet	/
		Contrôle des pièces d'assemblages	oui		100 %		
Prévenir les erreurs de maintenance	10	Formation du personnel et respect des procédures de maintenance	oui	sans objet	100 %	Formation systématique des techniciens	sans objet
Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	11	Classe d'éolienne adaptée au site	oui	sans objet	100 %	/	sans objet
		Détection et prévention des vents forts + Arrêt automatique et diminution de la prise au vent	oui	< 1 min	100%	Etat des équipements contrôlé à chaque visite	Lors de chaque visite

Tableau 52 : Caractérisation des mesures de maîtrise des risques Siemens

## 7.4. Conclusions de l'APR

Suite à l'analyse des risques inhérents à l'installation, et à l'évaluation des mesures de maîtrise des risques dont s'est assuré l'exploitant, il est possible de mettre en évidence les scénarios d'accidents susceptibles de se produire sur le site Extension Plaine de l'Escrebieux, et parallèlement d'écarter certains risques jugés suffisamment faibles en termes d'intensité et de gravité potentielle des conséquences, notamment grâce aux barrières de sécurité mises en place.

### 7.4.1. Scénarios exclus de l'analyse détaillée des risques

Suite à l'APR et à la mise en évidence et l'évaluation des mesures de sécurité, les scénarios suivants seront exclus de l'analyse détaillée des risques. Les raisons de leur exclusion sont également explicitées :

#### ■ Risque d'incendie de l'éolienne :

Toute installation électrique de tension et d'intensité élevées présente des risques potentiels de déclenchement d'incendie, de même que la présence d'éléments mécaniques en rotation, susceptibles d'induire une surchauffe. Aussi, les incendies sont principalement déclenchés au niveau de la nacelle.

Pour rappel, il n'y a aucun produit explosible stocké dans l'éolienne. Seules certaines huiles sont combustibles et donc susceptibles de brûler. De même, les matériaux composites constituant les pales peuvent également se consumer.

En cas d'incendie déclenché à l'intérieur du mât, il se propagera très probablement à la nacelle par l'inflammation des gaines plastiques des câbles électriques. Sa propagation à la nacelle sera également facilitée par la structure même du mât qui constitue dans ce cas un conduit favorisant la montée de l'air chaud et donc des flammes (effet de cheminée).

Ainsi, en cas d'incendie déclenché à l'intérieur de l'éolienne, les effets thermiques ressentis à l'extérieur de la machine seront mineurs. C'est le personnel de maintenance qui, en cas de déclenchement d'un incendie lors d'une intervention, est exposé à ce risque.

Chaque membre du personnel de maintenance dispose cependant d'une formation vis-à-vis des risques présentés par l'installation, ainsi que les procédures d'urgence à appliquer en cas d'incident.

**La société Les Vents de l'Est Artois S.A.S est par ailleurs en concertation avec le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) du Pas-de-Calais afin de coordonner les moyens à mettre en place en cas d'incendie sur l'installation notamment, de faciliter toute intervention, et de limiter les conséquences d'un éventuel accident.**

En cas d'incendie déclaré dans une éolienne, et en fonction de sa nature, le personnel du SDIS n'interviendra que si une personne est en danger à l'intérieur de l'éolienne. En cas d'incendie dans une éolienne vide de toute présence humaine, le SDIS mettra en place un périmètre de sécurité autour de l'installation et surveillera son évolution jusqu'à son auto-extinction (c'est-à-dire lorsque toutes les matières combustibles seront brûlées). Au vu de la hauteur de la machine et de sa configuration, il est en effet trop risqué pour les pompiers de tenter d'éteindre manuellement l'incendie.

*Cf. «10. Nature, organisation & intervention des moyens de secours», page 167*

**Néanmoins, il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Les tiers externes sont alors potentiellement exposés. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.**

#### ■ Risque d'incendie du poste de livraison d'électricité :

En cas d'incendie du poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur du bâtiment seront mineurs voire inexistant du fait notamment de sa structure en béton.

Par ailleurs, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations.

*Cf. «4.3.1. Le poste de livraison», page 78*

#### ■ Risque de fuite / de déversement accidentel de substances nocives sur le sol :

L'infiltration de substances nocives dans le sol est la conséquence d'une fuite ou d'un déversement accidentel de ces substances.

En phase d'exploitation, les substances présentes dans les aérogénérateurs susceptibles de polluer le sol et les eaux, sont

les **huiles et graisses contenues dans les systèmes de lubrification et le liquide de refroidissement (eau glycolée)** au niveau de la nacelle. Les quantités des substances utilisées dans une éolienne V112-3.3 MW sont approximativement :

- ♦ graisses : environ 27 kg
- ♦ huiles : environ 1500 litres
- ♦ liquides de refroidissement : environ 600 litres

Un seul produit présente une certaine toxicité pour l'homme dans l'éolienne : le liquide de refroidissement (eau glycolée) est toxique en cas d'ingestion. Cependant, ce produit est cloisonné (boucle du circuit de refroidissement) et localisé dans la nacelle.

Les produits utilisés dans le cadre de l'entretien présentent divers degrés de toxicité. Toutefois ils sont **utilisés de manière occasionnelle** et dans des **quantités relativement faibles**.

L'impact à craindre suite à un tel accident est donc principalement de nature environnementale (pollution locale du sol voire pollution de la nappe).

La zone d'impact d'un déversement de fluide au sol est difficile à déterminer. En effet, elle dépend de plusieurs paramètres, entres autres :

- ♦ la **nature du produit** et notamment sa **viscosité**
- ♦ la **quantité de produit** déversée
- ♦ la **nature du sol** (sol imperméable ou perméable, sol lisse ou rugueux)
- ♦ la **topographie** (pente, cuvette, etc.)
- ♦ la **température** de l'air et du sol (la viscosité diminue si la température augmente)

Certains de ces paramètres ne sont pas prévisibles.

En cas de fuite ou de déversement accidentel d'une des substances précédemment décrites, **à l'intérieur de l'aérogénérateur**, aucun impact sur le sol n'est à craindre. En effet, le fluide pourrait certes s'écouler dans la machine mais y resterait confiné, sans pouvoir atteindre le sol à l'extérieur. **Aucune infiltration dans le sol ne serait donc à redouter dans le cadre d'un tel scénario.**

En cas de fuite ou de déversement accidentel **lors d'une opération de maintenance** (fuite des emballages ou déversement des contenants des fluides lors de leur transport vers l'éolienne ou vers le conteneur, fuite lors de la vidange de l'huile du multiplicateur, etc.), à l'extérieur de l'éolienne, **la zone d'impact serait limitée à quelques mètres carrés au pied de la tour**. En effet les opérations décrites ont lieu au plus près de l'éolienne et les volumes transportés sont faibles. Par ailleurs, en cas de fuite ou de déversement au pied d'une machine, l'infiltration profonde serait peu probable ou du moins retardée étant donné que la surface sous les aérogénérateurs est bétonnée (emprise de la fondation).

Il convient de rappeler que des capteurs alarmés de pression et de niveau, mis en place sur les circuits d'huiles, permettent de prévenir tout risque de fuite dans l'éolienne. De même, les procédures de lubrification, de contrôle et de vidange sont rigoureusement encadrées, limitant les risques d'accident. Enfin, les postes de travail sont systématiquement nettoyés après intervention.

Egalement, en cas de fuite ou de déversement avéré de fluide sur le sol, les équipes d'intervention disposent de kits de dépollution permettant de limiter rapidement la quantité infiltrée, ainsi que des numéros d'urgence afin de sécuriser la zone impactée. L'état du sol est ensuite rapidement analysé afin de décider de la nécessité d'une intervention par une équipe de dépollution spécialisée.

*Cf. «7.3.2.8. Fonction de sécurité n°8 : Prévention et rétention des fuites», page 120*

**Le phénomène d'infiltration de substances nocives reste un phénomène peu probable au vu des différentes mesures de sécurité et procédures mises en place, et d'intensité très faible au regard des produits manipulés (faibles volumes). Si un écoulement sur le sol était à déplorer, l'intervention serait quasi-immédiate (la cinétique de cet incident étant lente), avortant les risques pour les tiers et limitant les dommages sur l'environnement.**

## 7.4.2. Scénarios retenus dans l'analyse détaillée des risques

Les scénarios d'accident retenus pour l'analyse détaillée des risques, sont les suivants :

- **effondrement de l'éolienne**
- **projection de pale ou de bris de pale**
- **chute d'éléments de la nacelle**
- **projection de glace \***
- **chute de glace \***

*\*Concernant les risques de chute ou de projection de glace, ces phénomènes ne bénéficient pas d'un retour d'expérience suffisant pour permettre d'écarter le risque (manque de retour d'observation, et manque d'études sur le sujet). C'est pourquoi ces scénarios seront étudiés dans l'analyse détaillée des risques, bien que les conditions météorologiques du site ne soient pas particulièrement rudes en hiver.*

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



# 8. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES



Sur la base des informations et données présentées dans les chapitres précédents, les scénarios retenus sont principalement ceux associés aux ruptures d'éléments ayant pour effet leur chute ou leur projection dans l'environnement du parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux.

Ces scénarios accidentels sont étudiés dans ce chapitre, par le biais d'une **analyse détaillée des risques, à travers l'évaluation de leur cinétique, de leur intensité, de leur fréquence d'occurrence ainsi que l'estimation de leur gravité.**

Pour rappel, l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations soumises à autorisation impose **l'évaluation de la gravité des accidents majeurs sur les personnes uniquement**, et non sur la totalité des intérêts visés par l'article L511-1 du code de l'Environnement.

**Aussi l'évaluation des accidents majeurs du parc éolien Extension Plaine d'Escrebieux s'intéressera prioritairement aux dommages potentiels sur les personnes externes à l'installation.**

- Par ailleurs, l'impact environnemental de l'installation est traité dans l'étude d'impact du projet éolien, partie n°B-3a du DDAU.

**Cf. Partie n°B-3a du Dossier de Demande d'Autorisation Unique - Étude d'impact Santé & Environnement**

- Egalement, les risques impliquant le personnel de l'installation et le personnel de maintenance ne sont pas repris.

## 8.1. Description de la démarche

### 8.1.1. Principe de l'étude détaillée des risques

#### 8.1.1.1. Objectifs

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

#### 8.1.1.2. Moyens

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 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 les effets toxiques.

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.

Ces deux textes réglementaires figurent en annexe de l'étude.

**Cf. ANNEXE 2 & ANNEXE 3**

Cette circulaire précise 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 modélisables** en intensité et gravité dans les études de dangers (paragraphe 1.2.2. de la Circulaire). **Force est néanmoins de constater que ce sont les principaux 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 «Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens» dans sa version de mai 2012**, validée par la DGPR. 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.

#### 8.1.1.3. Finalité

Suite à leur évaluation et à la mise en évidence des mesures de maîtrise des risques mises en place, **l'acceptabilité des risques inhérents à l'installation est déterminée.**

Les scénarios étudiés sont placés dans une **grille ou matrice de criticité**, permettant d'apprécier leur niveau de risque et leur acceptabilité en fonction des critères probabilité et gravité.

La grille utilisée dans le cadre de cette étude de dangers est justifiée par la suite.

## 8.1.2. Outils d'évaluation des risques

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

### 8.1.2.1. Cinétique

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

**Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique peut être lente ou rapide.**

La cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de «lente», dans son contexte, si elle permet la mise en oeuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations, objet du plan d'urgence, avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

La cinétique est dite «rapide» dans le cas contraire.

**Dans le cadre de cette étude de dangers, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide.**

### 8.1.2.2. Intensité

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

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, et décroît en fonction de la distance (une explosion par exemple).

**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 sont proposées :

- ♦ 5% d'exposition\* : **seuil des effets très importants**
- ♦ 1% d'exposition\* : **seuil des effets importants**

\* Le **degré d'exposition** est défini comme le rapport entre la surface atteinte par l'accident (par exemple la surface d'un élément projeté de l'éolienne) et la surface de la zone exposée au phénomène dangereux, appelée aussi «zone d'effet» (dans l'exemple donné il s'agit de la surface exposée au phénomène de projection).

L'**échelle d'intensité** proposée pour cette étude détaillée des risques s'appuie par conséquent sur des seuils d'exposition définis dans le tableau suivant.

Intensité	Degré d'exposition
exposition <b>très forte</b>	supérieur à 5 %
exposition <b>forte</b>	compris entre 1 et 5 %
exposition <b>modérée</b>	inférieur à 1 %

Tableau 53 : Echelle des intensités

### 8.1.2.3. Gravité

#### 8.1.2.3.1. Échelle de gravité

Pour rappel, **l'arrêté du 29 septembre 2005** impose l'**évaluation de la gravité des accidents majeurs sur les personnes physiques** et non sur la totalité des intérêts visés par l'article L511-1 du code de l'Environnement.

L'arrêté du 29 septembre 2005 fournit également une échelle d'appréciation de la gravité sur les personnes à retenir dans une étude de dangers (**Annexe III**). Les niveaux de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes exposées dans chacune des zones d'effet.

Le tableau suivant, se basant sur l'échelle de gravité de cet arrêté, présente les niveaux de gravité retenus dans le cadre de cette étude de dangers, en fonction des intensités définies dans le paragraphe précédent.

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition <b>très forte</b>	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition <b>forte</b>	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition <b>modérée</b>
<b>Désastreux</b>	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
<b>Catastrophique</b>	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
<b>Important</b>	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
<b>Sérieux</b>	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
<b>Modéré</b>	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée inférieure à «une personne»

Tableau 54 : Echelle de gravité



#### Synthèse des enjeux humains dans l'aire d'étude

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

Aout 2017

Echelle : 1/20 000

Réf. : XPE/md

Copyright IGN BD Ortho

**ECOTERA**

Développement ...

#### Aire d'étude

▭ Périmètre de 500 m

#### Enjeux humains - Catégorie a

■ Champs : personne non abritée, personne dans un véhicule

#### Enjeux humains - Catégorie b

— Pistes et chemins existants

— Nouveau chemin à créer

■ Aire de grutage

#### Enjeux humains - Catégorie c

— Autoroute : personne dans un véhicule

#### 8.1.2.3.2. Méthodologie de calcul du nombre de personnes exposées

Afin d'évaluer la gravité d'un événement accidentel, il est nécessaire de déterminer le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées au risque d'accident, pour chaque type d'enjeu et dans chacune des zones d'effet.

Il est possible de définir ce nombre de manière forfaitaire à l'aide de la **fiche n°1 «Éléments pour la détermination de la gravité des études de dangers» de la Circulaire du 10 mai 2010**.

Le tableau suivant reprend, pour chaque catégorie d'enjeu identifié, la méthode de comptage des personnes exposées préconisée par la circulaire. Ces valeurs seront utilisées et adaptées en fonction des zones d'effet, pour chaque type d'accident et d'enjeu.

Catégories d'enjeux		Définition de l'enjeu dans la circulaire du 10/05/2010	Estimation de l'exposition des tiers
a	Terrain non aménagé et très peu fréquenté	Champs, prairies, forêts, friches, marais, etc.	1 personne / 100 hectares
b	Terrain aménagé mais peu fréquenté	Voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicules/jour), chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, etc.	1 personne / 10 hectares
c	Voie de circulation automobile	Voies de circulation structurantes (> 2000 véhicules/jour)	0,4 personne / km par tranche de 100 véhicules / jour

**Tableau 55 : Estimation de l'exposition des personnes proposée dans la fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010, pour chaque catégorie d'enjeux**

La fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010 est fournie en annexe de l'étude de dangers.

**Cf. ANNEXE 3**

Carte 32 : Synthèse des enjeux humains à proximité du parc Extension Plaine de l'Escrebieux

### 8.1.2.3.3. Classement des enjeux humains identifiés

Les enjeux humains identifiés à proximité du projet Extension Plaine d'Escrebieux sont ici classés en fonction des catégories d'enjeux de la Circulaire du 10 mai 2010, afin de permettre le comptage des personnes exposées.

Les enjeux sont également représentés sur une carte de synthèse.

Cf. Carte 32

Enjeu humain	Catégorie d'enjeu selon la Circulaire du 10 mai 2010	Remarques
Zone agricole	Champs, prairies, bosquets	a Le temps de présence d'un agriculteur dans un champ dépend de plusieurs paramètres (type de culture, saison, machines utilisées et travail à effectuer, surface cultivée, etc.)
Chemins ruraux et d'exploitation	Voies peu fréquentées	b <sub>1</sub> * Voies non structurantes très peu fréquentées Pas de donnée relative au trafic
Voies communales	Voies de circulation non structurantes	
Chemin(s) créé(s) pour l'accès aux éoliennes	Voies privées très peu fréquentées	b <sub>2</sub> * Pour rappel, ces aménagements sont strictement réservés au personnel intervenant sur l'installation. L'usage des voies et des plateformes privées est interdit aux tiers. Cette interdiction est précisée sur les panneaux de prévention. Cependant, aucune barrière ne restreint l'accès aux aérogénérateurs.
Aire de grutage des éoliennes	Plateforme d'accès réservée aux techniciens	b <sub>3</sub>
Autoroute A1	Voie de circulation structurante	c Trafic journalier moyen de 109 363 véhicules

Tableau 56 : Classement des enjeux humains identifiés

\* Les voies communales et les chemins ruraux et d'exploitation étant classés dans la catégorie d'enjeu «Terrain aménagé mais peu fréquenté», l'estimation de l'exposition des personnes est calculée en fonction de la surface de cet enjeu (1 personne exposée sur 10 hectares).

Il s'agira donc de déterminer la surface de ces routes et chemins (longueur de la voie multipliée par sa largeur). Pour le calcul, il est considéré une **largeur moyenne des chemins et voies communales égale à 4 mètres**.

### 8.1.2.4. Probabilité

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)
A	<b>Courant</b> 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.	10 <sup>-2</sup>
B	<b>Probable</b> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	10 <sup>-3</sup>
C	<b>Improbable</b> 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.	10 <sup>-4</sup>
D	<b>Rare</b> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	10 <sup>-5</sup>
E	<b>Extrêmement rare</b> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	

Tableau 57 : Echelle de probabilité

Dans le cadre de cette étude de dangers, 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, il convient de 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.  
Par exemple, pour le phénomène de projection d'élément, la probabilité de l'accident vaut :

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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 tombe 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.**

$$P_{\text{accident}} = P_{\text{ERC}}$$

La probabilité qui sera évaluée ne sera donc pas la probabilité d'atteinte d'une personne, mais la probabilité que le phénomène dangereux se produise. Cette approche est donc forcément majorante.

### 8.1.2.5. Synthèse de l'analyse détaillée des risques : matrice de criticité

L'évaluation de l'acceptabilité du risque est généralement réalisée dans les études de dangers par le biais d'une **matrice ou grille de criticité** permettant d'apprécier les niveaux de gravité et de probabilité de chaque risque, selon l'**article 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

«**Article 3 - 4. Présentation des accidents dans l'étude de dangers en termes de couple probabilité-gravité des conséquences sur les personnes**

*L'étude de dangers doit contenir, dans un paragraphe spécifique, le positionnement des accidents potentiels susceptibles d'affecter les personnes à l'extérieur de l'établissement selon la grille de l'annexe V du présent arrêté.*

*Dans l'étude de dangers, l'exploitant explicite, le cas échéant, la relation entre la grille figurant en annexe V du présent arrêté et celles, éventuellement différentes, utilisées dans son analyse de risque.»*

Pour rappel, cet arrêté figure en annexe de l'étude de dangers.

#### Cf. ANNEXE 2

Aussi, pour conclure à l'acceptabilité des risques inhérents au projet éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, la matrice de criticité ci-dessous, préconisée par le guide technique national du SER et de l'INERIS, sera utilisée. Sur la base de la matrice prescrite par l'arrêté du 29 septembre 2005 et reprise dans la Circulaire du 10 mai 2010, le guide technique national préconise en effet l'usage de cette grille, adaptée aux parcs éoliens.

Niveau de gravité	Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange

Tableau 58 : Matrice de criticité  
(Source : SER - INERIS)

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
risque très faible	Vert	acceptable
risque faible	Orange	acceptable
risque important	Rouge	non acceptable

## 8.2. Caractérisation des scénarios d'accidents majeurs

Les paragraphes suivants décrivent les scénarios d'accidents majeurs identifiés pour l'étude détaillée des risques :

- Scénario n°1 : Effondrement de l'éolienne
- Scénario n°2 : Chute de glace
- Scénario n°3 : Chute d'éléments de l'éolienne
- Scénario n°4 : Projection de pale ou de fragment de pale
- Scénario n°5 : Projection de glace

Pour chaque scénario sont évaluées :

- ♦ la **zone d'effet** du phénomène dangereux, c'est-à-dire la surface pouvant être impactée lors de l'évènement accidentel ;
- ♦ la **zone d'impact** du phénomène, soit la surface atteinte par l'évènement accidentel ;
- ♦ l'**intensité** du phénomène dangereux, définie en fonction du degré d'exposition (rapport entre la zone impactée et la zone d'effet) ;
- ♦ la **gravité** du phénomène dangereux, dépendant de l'intensité et du nombre de personnes exposées pour chaque type d'enjeu ;
- ♦ la **probabilité** d'occurrence du phénomène dangereux, avant et après la mise en place des barrières de sécurité par l'exploitant ;
- ♦ l'**acceptabilité** du risque est enfin estimée sur la base des éléments précédemment décrits et plus particulièrement au regard de la gravité et de la probabilité de l'accident (**matrice de criticité**).

Pour rappel, la **cinétique de chaque évènement accidentel a été supposée, de manière prudente, comme «rapide» pour tous les scénarios**. Ce paramètre ne sera donc pas détaillé à nouveau dans chacun des phénomènes redoutés étudiés par la suite.

La méthode d'évaluation des risques, ainsi que les liens entre les paramètres évalués, sont représentés sur le schéma ci-contre.

Cf. Figure 15

## SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION D'UN SCÉNARIO D'ACCIDENT MAJEUR

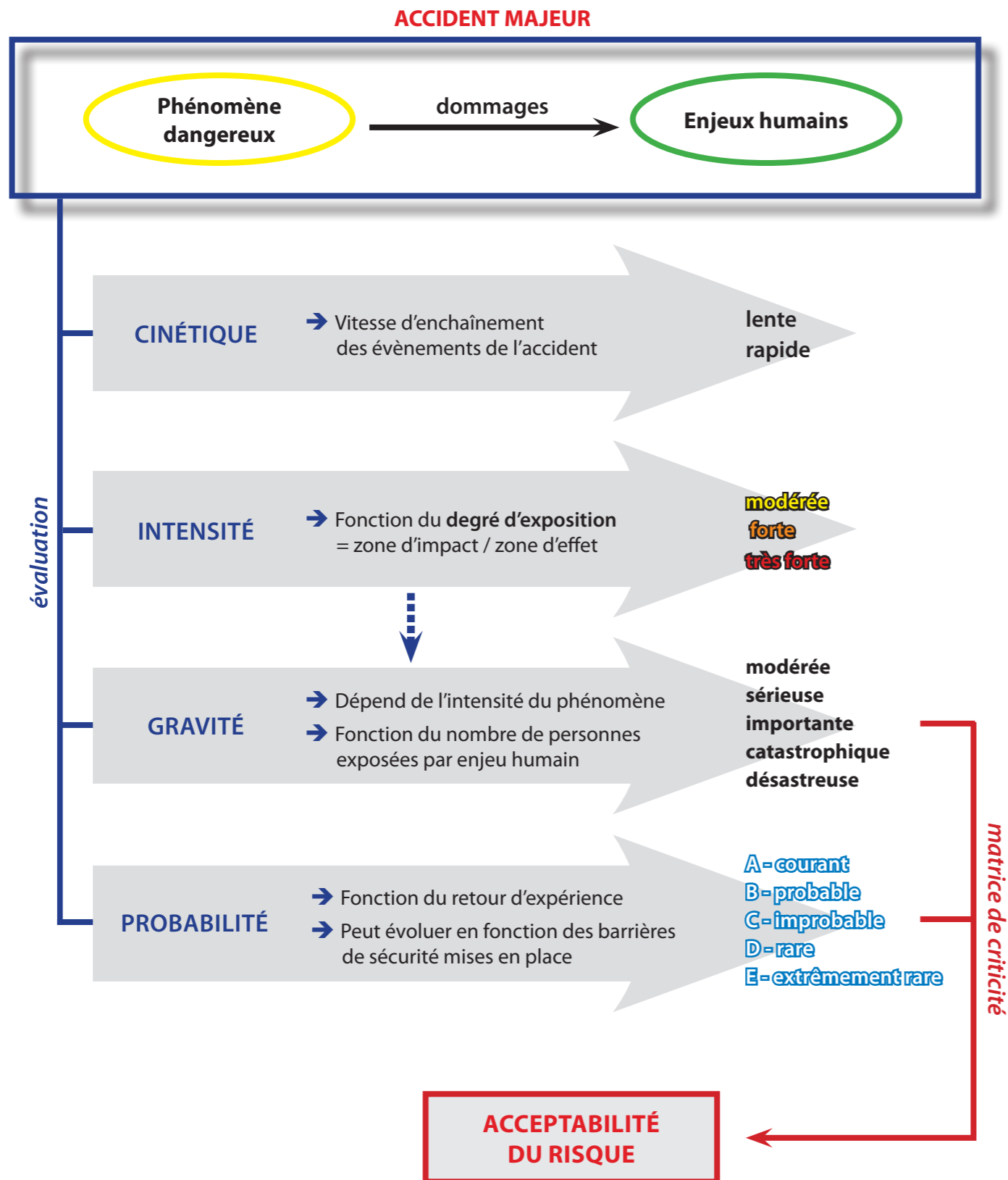


Figure 15 : Méthode de l'évaluation détaillée des risques

## 8.2.1. Scénario n°1 : Effondrement de l'éolienne

### 8.2.1.1. Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne (en bout de pale), soit 164,5 m pour les éoliennes projetées.

Cf. Carte 33

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (*Guide for Risk-based Zoning of wind turbines*, de 2005, et *Specification of minimum distance*, de 2004).

Les risques d'atteinte d'une personne en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

### 8.2.1.2. Intensité

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

Pour le parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, la zone d'effet a donc un rayon de **164,5 m**

Cf. Carte 33

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux.

Pour rappel, les dimensions de l'éolienne SWT-3.2-113 sont les suivantes :

**H** = hauteur du mât = 99,5 m

**L** = largeur du mât à la base = **4,5 m**

**R** = longueur de la pale + moyeu = diamètre du rotor / 2 = **56,5 m\***

**B** = largeur maximale de la pale = **4,2 m\***

\* Dans le cadre de ce calcul, la pale est assimilée à un triangle de base B et de hauteur R.

	Effondrement de l'éolienne SWT-3.2-113			
	Zone d'impact = $Z_I$	Zone d'effet = $Z_E$	Degré d'exposition = D	Intensité
Définition	$Z_I = (H*L) + [3*(R*B/2)]$	$Z_E = \pi*(H+R)^2$	$D = Z_I / Z_E$	dépend de D
Valeur	<b>803,7 m<sup>2</sup></b>	<b>76 454 m<sup>2</sup></b>	<b>1,0 (&lt;1%)</b>	exposition <b>Forte</b>

Tableau 59 : Détermination de l'intensité du phénomène d'effondrement d'une éolienne SWT-3.2-113

L'intensité du phénomène d'effondrement d'une éolienne SWT-3.2-113 est considérée comme « **Forte** » au sein de la zone d'effet. Au-delà de la zone d'effondrement, l'intensité est nulle.



Intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne

Projet éolien Extension Plaine d'Escrebieux

Octobre 2016  
Echelle : 1/5 000  
Réf. : XPE/md

Copyright IGN SCAN 25

**ECOTERA**  
Développement ...

Installation projetée

● Eolienne

Légende Intensité du phénomène d'effondrement

■ Zone d'impact : surface de l'éolienne

■ zone d'effet : disque de rayon la hauteur de l'éolienne  
Hauteur V117 = 164,5 m

Carte 33 : Zone d'effet et zone d'impact de l'effondrement d'une éolienne





0 120 240 m



Septembre 2017  
Echelle : 1/4 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN

**ECOTERA**

Développement S.A.S

Synthèse des enjeux humains dans la zone  
d'effet du phénomène d'effondrement  
d'une éolienne

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

Projet

● Eolienne projetée

Zone d'effet du phénomène dangereux

○ Rayon de 156 m

Enjeux humains

□ a - Zone agricole

— b1- Pistes et chemins existants

■ b3 - Aire de grutage des éoliennes projetées

Carte 34 : Enjeux humains concernés par le phénomène d'effondrement des éoliennes

### 8.2.1.3. Gravité

En fonction de l'intensité du phénomène d'effondrement, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour ce phénomène grâce à l'échelle de gravité définie préalablement.

Cf. **Tableau 54- colonne 4 : « Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition modérée »**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur du parc Extension Plaine de l'Escrebieux, le nombre de personnes permanentes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée. Une carte rappelle les enjeux concernés par le phénomène d'effondrement et précise la longueur des voies et chemins traversant la zone d'effet.

Cf. **Carte 34**

Effondrement de l'éolienne						
Catégorie d'enjeu	Enjeu(x) humain(s) dans la zone d'effet		Nombre de personnes exposées		Niveau de gravité	
	surface / longueur de l'enjeu	comptage	par enjeu	Total		
A1	a	76 454 - 2508 - 2297 = 71 649 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,07	0,11 pers	Sérieux
	b <sub>1</sub>	627 m x 4 m = 2508 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,04		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2297 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A2	a	76 454 - 2197 - 2788 = 71 469 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,07	0,11 pers	Sérieux
	b <sub>1</sub>	697 m x 4 m = 2788 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,05		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2197 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A4	a	76 454 - 1252 - 2170 = 73 032 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,07	0,10 pers	Sérieux
	b <sub>1</sub>	313 m x 4 m = 1252 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,03		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2170 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A5	a	76 454 - 2145 - 2666 = 71 643 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,07	0,12 pers	Sérieux
	b <sub>1</sub>	536 m x 4 m = 2145 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,05		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2666 m <sup>2</sup>				
	c	-				

**Tableau 60 : Détermination de la gravité du phénomène d'effondrement d'une éolienne**

La gravité du phénomène effondrement d'une éolienne de l'installation Extension Plaine d'Escrebieux est considérée comme modérée vis-à-vis de la population voisine.

### 8.2.1.4. Probabilité

Les probabilités d'effondrement d'une éolienne retenues dans la littérature sont détaillées dans le tableau suivant. Y figure également la valeur retenue par le constructeur des éoliennes VESTAS.

Effondrement de l'éolienne		
Source	Fréquence annuelle	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbine	4,5*10 <sup>-4</sup>	Retour d'expérience
Specification of minimum distance	1,8*10 <sup>-4</sup>	Retour d'expérience
Accidentologie interne VESTAS	5*10 <sup>-5</sup>	Retour d'expérience

**Tableau 61 : Probabilités d'effondrement d'une éolienne retenues dans la littérature**

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 » concernant le risque d'effondrement d'une éolienne. En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience\*, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

Le phénomène d'effondrement correspond également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C = improbable », 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 le phénomène d'effondrement.**

\* Une éolienne en exploitation et observée pendant 4 ans correspond à 4 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 sécurité sont notamment :

- ♦ le **respect intégral** des dispositions de la **norme IEC 61 400-1**
- ♦ les **contrôles réguliers** des fondations et des différentes pièces d'assemblage
- ♦ le **système de détection des vents forts** et un **système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations**

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.

Comme décrit précédemment, les éoliennes SWT-3.2-113 respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-1.

Elles sont équipées des technologies récentes et munies des dispositifs de détection des vents forts et de plusieurs systèmes de freinage. Elles feront également l'objet de contrôles réguliers des fondations et des pièces d'assemblage.

**Au regard de ces éléments, il est considéré que la classe de probabilité du phénomène accidentel « effondrement d'une éolienne » est « D = rare », à savoir : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité » (définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005).**

### 8.2.1.5. Acceptabilité

Le guide technique, validé par la DGPR, précise que : «*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, et dans le cas où plus de 10 personnes sont exposées dans la zone d'effet d'un aérogénérateur, l'exploitant pourra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place. Il est également rappelé que la bonne pratique est de préserver une distance d'isolement égale à la hauteur totale de l'éolienne entre l'aérogénérateur et les autoroutes.*»

Le phénomène d'effondrement d'une éolienne constitue un phénomène rare, ayant fait l'objet de mesures correctives significatives (prévention, contrôle, systèmes de mise en sécurité, etc.) grâce aux enseignements tirés du retour d'expérience.

La gravité de ce phénomène a été évaluée comme **modérée** avec moins d'**une personne exposée** dans la zone d'effet d'une éolienne.

**Le phénomène d'effondrement est donc considéré comme un risque acceptable pour les personnes tierces, au regard de son évaluation, pour chacune des éoliennes projetées.**

Il convient de rappeler que la localisation des éoliennes projetées a été réfléchi en amont du projet, dans des zones très peu fréquentées afin de limiter les risques d'accident sur les tiers.

### 8.2.1.6. Effets dominos potentiels

Au vu de l'éloignement des éoliennes entre elles du projet Extension Plaine d'Escrebieux et avec les éoliennes du parc existant (supérieur à 200 m), leur intégrité est assurée en cas d'effondrement de l'une d'entre elles.

**Quant au poste de livraison, localisé à plus de 1 000 m des éoliennes, il ne serait pas menacé en cas d'effondrement de l'une des machines projetées.**

## 8.2.2. Scénario n°2 : Chute de glace

Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité 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 *Wind energy production in cold climate (WECO), Final report* (Bengt Tammelin et al.), publiée en 2000, une grande partie du territoire français (hors zones montagneuses) est concernée 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 grâce au soleil. En cas de vents forts, des morceaux de glace peuvent toutefois 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.

### 8.2.2.1. Zone d'effet

Le risque de chute de glace se limite à la zone de surplomb des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, autour du mât de l'éolienne.

Pour le parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, la zone d'effet a donc un rayon de **58,5 m**.

Cf. Carte 41

Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

### 8.2.2.2. 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 des pales).

Cf. Carte 41

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace depuis une éolienne du parc Extension Plaine de l'Escrebieux.

Il a été considéré un morceau de glace majorant de surface  $SG = 1 \text{ m}^2$

Pour rappel, les dimensions de l'éolienne SWT-3.2-113 sont les suivantes :

$$R = \text{longueur de la pale} + \text{moyeu} = \text{diamètre du rotor} / 2 = 56,5 \text{ m}$$

	Chute de glace			
	Zone d'impact = $Z_I$	Zone d'effet = $Z_E$	Degré d'exposition = D	Intensité
Définition	$Z_I = SG$	$Z_E = \pi * R^2$	$D = Z_I / Z_E$	dépend de D
SWT-3.2-113	1 m <sup>2</sup>	10 029 m <sup>2</sup>	0,01 %	exposition <b>modérée</b>

Tableau 62 : Détermination de l'intensité du phénomène de chute de glace pour des SWT-3.2-113

L'intensité du phénomène de chute de glace depuis une éolienne est considérée comme « **modérée** » au sein de la zone d'effet. Au-delà de la zone de surplomb de l'éolienne, l'intensité est nulle.



#### Intensité du phénomène de chute de glace d'une éolienne

Projet éolien Extension Plaine d'Escrebieux

Janvier 2017  
Echelle : 1/5 000  
Réf. : XPE/md

Copyright IGN SCAN 25



#### Projet

● Eolienne

#### Intensité du phénomène de chute de glace

● Zone d'effet : zone de surplomb des pales (rayon de 58,5 m pour la V117)

\* Zone d'impact\* : surface du morceau de glace (1 m<sup>2</sup>)

\* le morceau de glace est symbolisé car il n'aurait pas été visible à cette échelle

Carte 35 : Zone d'effet et zone d'impact en cas de chute de glace depuis une éolienne



0 60 120 m



Janvier 2017  
Echelle : 1/3 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN

Pas de fenêtre

Synthèse des enjeux humains dans la zone  
d'effet du phénomène de chute de glace  
d'une éolienne

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

Projet

● Eolienne projetée

Zone d'effet du phénomène dangereux

○ Rayon de 56,5 m

Enjeux humains

□ a - Zone agricole

— b1 - Pistes et chemins existants

■ b3 - Aire de grutage des éoliennes projetées



Carte 36 : Enjeux humains concernés par le phénomène de chute de glace

### 8.2.2.3. Gravité

En fonction de l'intensité du phénomène de chute de glace, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour ce phénomène grâce à l'échelle de gravité définie préalablement.

**Cf. Tableau 54 - colonne 4 : « Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition modérée »**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur du parc Extension Plaine de l'Escrebieux, le nombre de personnes permanentes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée. Une carte rappelle les enjeux concernés par le phénomène de chute de glace et précise la longueur des voies et chemins traversant la zone d'effet.

**Cf. Carte 36**

Chute de glace						
	Enjeu(x) humain(s) dans la zone d'effet		Nombre de personnes exposées		Niveau de gravité	
	Catégorie d'enjeu	surface / longueur de l'enjeu	comptage	par enjeu		Total
A1	a	10 029 - 2201 = 7 828 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,01	0,03 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>		1 pers / 10 ha	0,02		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2201 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A2	a	10 029 - 436 - 2185 = 7 408 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,01	0,03 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	109 m x 4 m = 436 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,02		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2185 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A4	a	10 029 - 136 - 2170 = 7 723 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,01	0,03 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	34 m x 4 m = 136 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,02		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2170 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A5	a	10 029 - 84 - 2 445 = 7 500 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,01	0,03 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	21 m x 4 m = 84 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,02		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2445 m <sup>2</sup>				
	c	-				

**Tableau 63 : Détermination de la gravité du phénomène de chute de glace**

La gravité du phénomène de chute de glace depuis une éolienne de l'installation Extension Plaine d'Escrebieux est considérée comme modérée vis-à-vis de la population voisine.

### 8.2.2.4. Probabilité

Le retour d'expérience est peu fourni en matière de chute de glace depuis une éolienne.

Aussi, **de façon conservatrice**, il est considéré que la probabilité de ce phénomène est de classe « A », c'est à dire une probabilité supérieure à 10<sup>-2</sup>.

### 8.2.2.5. Acceptabilité

Le guide technique, validé par la DGPR précise que : « 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. Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque. »

Le phénomène de chute de glace depuis une éolienne constitue un épisode rarement observé ou du moins rarement transcrit dans la littérature spécialisée. De ce fait, ce phénomène a été considéré de manière conservatrice comme évènement de classe de probabilité « A ».

Il convient de rappeler que sur le site d'implantation du parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, la période de gel est estimée à **56,9** jours/an, et que le climat est principalement doux et humide.

La gravité de ce phénomène a été évaluée comme **modérée** avec moins d'une **personne exposée** dans la zone d'effet d'une éolienne.

**Ainsi, pour chacune des éoliennes du parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, le phénomène de chute de glace depuis une éolienne 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.**

### 8.2.2.6. Effets dominos potentiels

Au vu de l'éloignement entre les éoliennes du projet (supérieur à 390 m), leur intégrité est assurée en cas de chute de glace depuis l'une d'entre elles.

**Le poste de livraison du projet est suffisamment éloigné pour ne pas être concerné par une chute de glace provenant de l'un des aérogénérateurs.**



### 8.2.3. Scénario n°3 : Chute d'un élément de l'éolienne

Le scénario de chute d'élément d'une éolienne peut concerner la chute de pale ou de fragment de pale, mais également la chute d'un élément fixé à la nacelle de la machine (trappe de visite, anémomètres, etc.).

Il convient de préciser que dans le cas d'une chute de pale ou d'un fragment de pale, le rotor est très probablement à l'arrêt. En effet, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, la projection d'élément est impossible. On parlera de risque de projection de pale ou de fragment de pale lorsque le rotor sera en mouvement.

#### 8.2.3.1. Zone d'effet

Le risque de chute d'élément se limite à la zone de surplomb des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, autour du mât de l'éolienne.

Pour le parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, la zone d'effet a donc un rayon de **56,5 m**.

Cf. Carte 37

#### 8.2.3.2. Intensité

Pour le phénomène de chute d'élément, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément et la superficie de la zone d'effet du phénomène. **Il sera considéré pour cette évaluation un cas majorant : la chute d'une pale entière se détachant de l'éolienne.**

Cf. Carte 37

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'élément depuis une éolienne du parc Extension Plaine de l'Escrebieux.

La surface de l'élément considéré, en l'occurrence la pale entière, est assimilée à celle d'un triangle dont les dimensions sont rappelées ci-après :

Pour une éolienne SWT-3.2-113 :

**B** = largeur maximale de la pale = **4,2 m**.

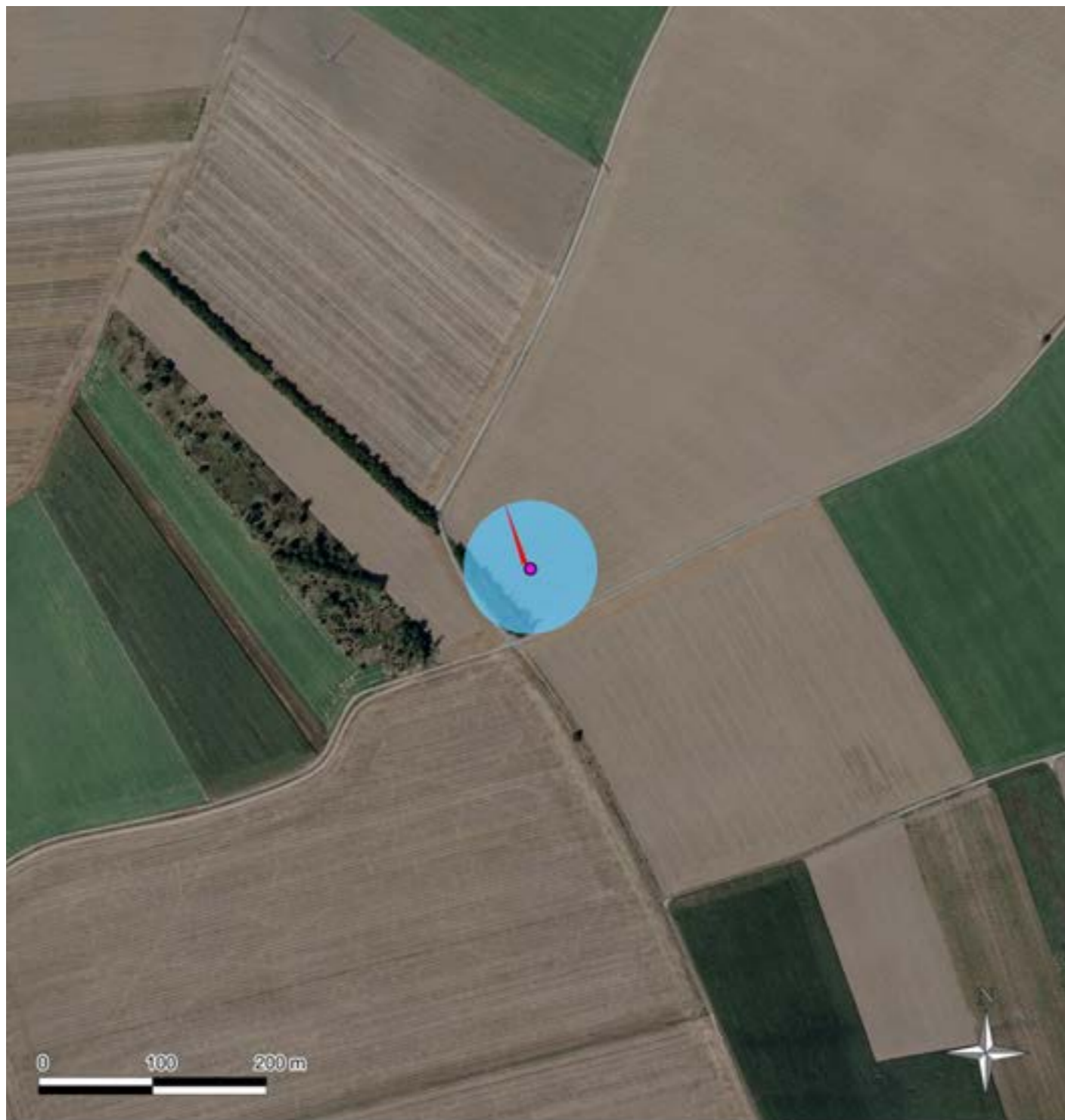
**P** = longueur de la pale = **55 m**

**R** = longueur de la pale + moyeu = diamètre du rotor / 2 = **56,5 m**

	Chute d'élément de l'éolienne			
	Zone d'impact = $Z_I$	Zone d'effet = $Z_E$	Degré d'exposition = $D$	Intensité
Définition	$Z_I = P \cdot B / 2$	$Z_E = \pi \cdot R^2$	$D = Z_I / Z_E$	dépend de $D$
SWT-3.2-113	115,5 m <sup>2</sup>	10 029 m <sup>2</sup>	1,15 % (> 1% et < 5%)	exposition <b>forte</b>

Tableau 64 : Détermination de l'intensité du phénomène de chute d'élément

L'intensité du phénomène de chute d'élément d'une éolienne est considérée comme « forte » au sein de la zone d'effet. Au-delà de la zone de surplomb de l'éolienne, l'intensité est nulle.



#### Intensité du phénomène de chute de pale de l'éolienne

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux  
Janvier 2017  
Echelle : 1/5 000  
Réf. : XPE/md

Copyright IGN SCAN 25

**ECOTERA**

Développement ...

#### Projet

● Eolienne

#### Intensité du phénomène de chute d'élément

■ Zone d'effet : zone de surplomb des pales (rayon de 56,5 m pour la V117)

■ Zone d'impact : surface d'une pale entière

Carte 37 : Zone d'effet et zone d'impact en cas de chute d'élément de l'éolienne





0 60 120 m



Janvier 2017  
Echelle : 1/3 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN

**ECOTERA**

Développement S.A.S

Synthèse des enjeux humains dans la zone  
d'effet du phénomène de chute d'un élément  
de l'éolienne

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

Projet

● Eolienne projetée

Zone d'effet du phénomène dangereux

○ Rayon de 56,5 m

Enjeux humains

□ a - Zone agricole

— b1 - Pistes et chemins existants

■ b3 - Aire de grutage des éoliennes projetées

Carte 38 : Enjeux humains concernés par le phénomène de chute d'élément

### 8.2.3.3. Gravité

En fonction de l'intensité du phénomène de chute d'élément, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour ce phénomène grâce à l'échelle de gravité définie préalablement.

**Cf. Tableau 54 - colonne 3 : « Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition forte »**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur du parc Extension Plaine de l'Escrebieux, le nombre de personnes permanentes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'élément et la gravité associée. Une carte rappelle les enjeux concernés par le phénomène de chute d'élément et précise la longueur des voies et chemins traversant la zone d'effet.

**Cf. Carte 38**

Chute d'un élément de l'éolienne						
Catégorie d'enjeu	Enjeu(x) humain(s) dans la zone d'effet		Nombre de personnes exposées		Niveau de gravité	
	surface / longueur de l'enjeu	comptage	par enjeu	Total		
A1	a	10 029 - 2201 = 7 858m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,01	0,03 pers	Sérieux
	b <sub>1</sub>					
	b <sub>2</sub>	-	1 pers / 10 ha	0,02		
	b <sub>3</sub>	2201 m <sup>2</sup>				
	c	-	-			
A2	a	10 029 - 436 - 2185 = 7 408 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,01	0,03 pers	Sérieux
	b <sub>1</sub>	109 m x 4 m = 436 m <sup>2</sup>				
	b <sub>2</sub>	-	1 pers / 10 ha	0,02		
	b <sub>3</sub>	2185 m <sup>2</sup>				
	c	-	-			
A4	a	10 029 - 136 - 2 170 = 7 723 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,01	0,03 pers	Sérieux
	b <sub>1</sub>	34 m x 4 m = 136 m <sup>2</sup>				
	b <sub>2</sub>	-	1 pers / 10 ha	0,02		
	b <sub>3</sub>	2170 m <sup>2</sup>				
	c	-	-			
A5	a	10 029 - 84 - 2 445 = 7 500 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,01	0,03 pers	Sérieux
	b <sub>1</sub>	21 m x 4 m = 84 m <sup>2</sup>				
	b <sub>2</sub>	-	1 pers / 10 ha	0,02		
	b <sub>3</sub>	2445 m <sup>2</sup>				
	c	-	-			

**Tableau 65 : Détermination de la gravité du phénomène de chute d'élément**

La gravité du phénomène de chute d'un élément d'une éolienne de l'installation Extension Plaine d'Escrebieux est considérée comme sérieuse vis-à-vis de la population voisine.

### 8.2.3.4. Probabilité

Peu de données 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 » (7 évènements 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 » : « 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=improbable » est donc retenue par défaut pour le phénomène de chute d'élément de l'éolienne.**

### 8.2.3.5. Acceptabilité

Le guide technique, validé par la DGPR précise que : « 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. Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque. »

Le risque de chute d'élément d'une éolienne est considéré comme risque improbable.

La gravité de ce phénomène a été évaluée comme **modérée** avec **moins d'une personne exposée** dans la zone d'effet d'une éolienne.

**Ainsi, pour chacune des éoliennes du parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, le phénomène de chute d'élément d'une éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.**

Il faut préciser que les éléments fixés à la nacelle de l'éolienne font l'objet de contrôle périodiques : sont vérifiés notamment les systèmes de fixation ainsi que l'usure des différents éléments assemblés.

### 8.2.3.6. Effets dominos potentiels

**Au vu de l'éloignement entre les éoliennes du projet et les éoliennes construites (supérieur à 390 m), leur intégrité est assurée en cas de chute de glace depuis l'une d'entre elles.**

**Le poste de livraison du projet est suffisamment éloigné pour être concerné par la chute d'éléments provenant de l'un des aérogénérateurs.**



### 8.2.4. Scénario n°4 : Projection de pale ou de fragment de pale

#### 8.2.4.1. Zone d'effet

Recherche et préconisations du guide technique du SER-ENERIS validé par la DGPR en juin 2012

Le guide, précise que dans l'**accidentologie française** reprise dans la partie n°6 de cette étude de dangers, la distance maximale relevée et vérifiée atteinte par la 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, elle, 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 (CWIF). Après vérification, les distances citées dans cette base de données ne se révèlent pas toujours exactes.

Ainsi, l'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- «1300 m» rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006
- «1000 m» rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000

**Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les constructeurs concernés ont été consultés et dans les deux cas, les distances de projection n'excédaient pas 300 m.**

De même, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources précisées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journaux par exemple). Aucune ne mentionnait ces mêmes distances de projection. En effet, les distances éventuellement citées par les sources correspondaient par exemple à la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou au périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais il ne s'agissait en aucun cas de la distance de projection réelle.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études *Guide for risk based zoning of wind turbine* et *Specification of minimum distance*.

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.

Zone d'effet considérée dans le cadre de cette étude

Sur la base des travaux de recherche et des préconisations du guide technique, la zone d'effet du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale sera considérée égale à **500 m** autour d'une éolienne. Cf. Carte 39

#### 8.2.4.2. Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m). **Il sera considéré pour cette évaluation un cas majorant : la projection d'une pale entière se détachant de l'éolienne.** Cf. Carte 39

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale entière d'une des éoliennes projetées.

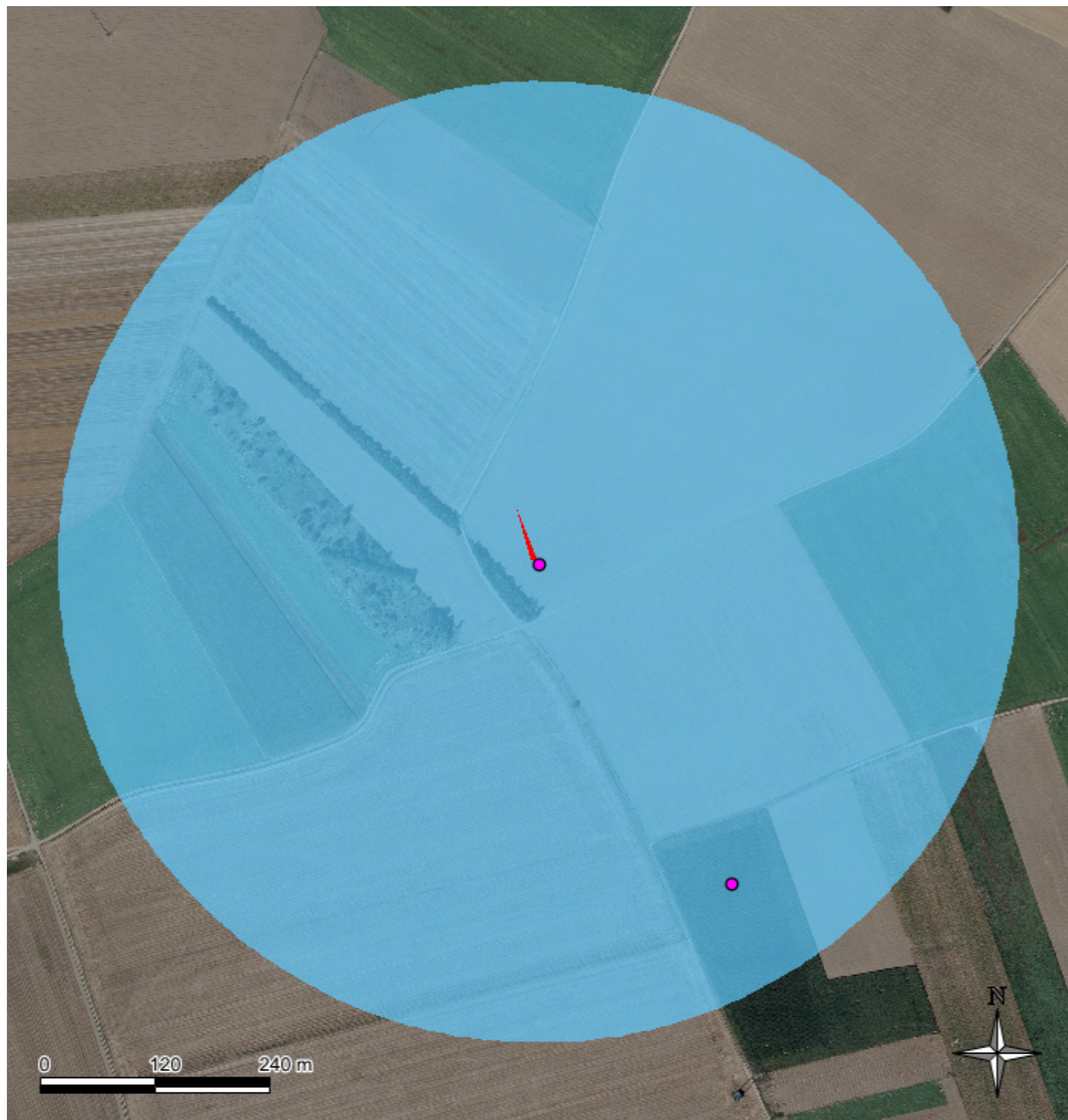
Pour une éolienne SWT-3.2-113 :

**B** = largeur maximale de la pale = **4,2 m**.

**P** = longueur de la pale = **55 m**

	Projection de pale ou fragment de pale			
	Zone d'impact = $Z_I$	Zone d'effet = $Z_E$	Degré d'exposition = $D$	Intensité
Définition	$Z_I = P*B/2$	$Z_E = \pi*500^2$	$D = Z_I / Z_E$	dépend de D
SWT-3.2-113	115,5 m <sup>2</sup>	785 398 m <sup>2</sup>	0,01 % (<1%)	exposition <b>modérée</b>

Tableau 66 : Détermination de l'intensité du phénomène de projection de pale ou fragment de pale



**Intensité du phénomène de projection d'élément**

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux  
Novembre 2016  
Echelle : 1/6 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN SCAN 25



Développement ...

**Projet**

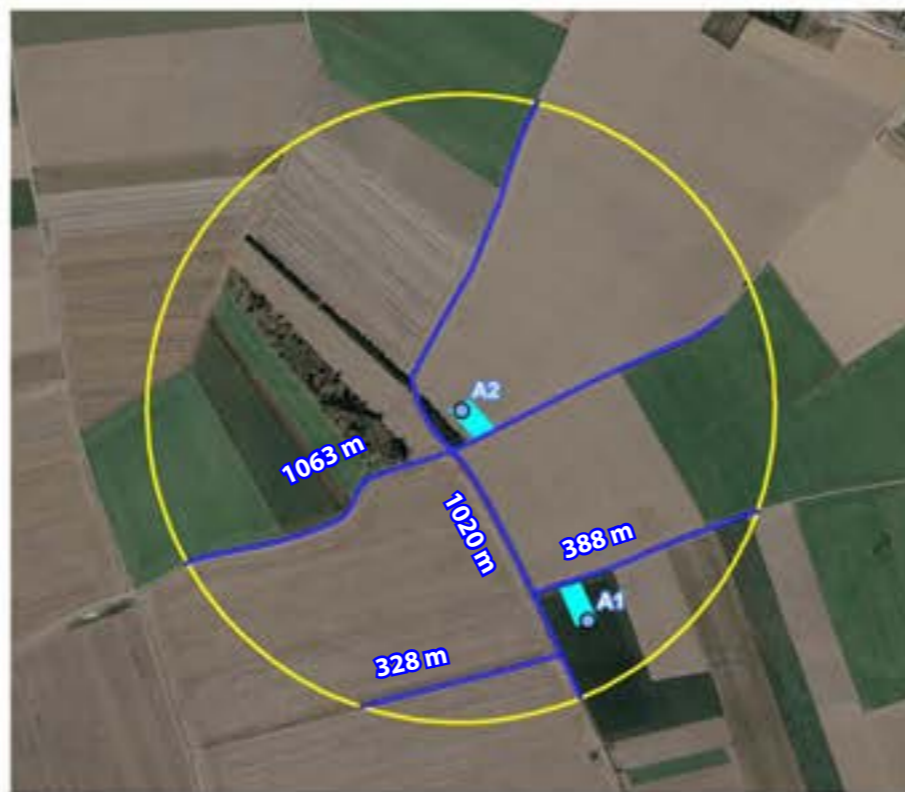
● Eolienne

**Intensité du phénomène de projection d'élément**

● Zone d'effet : disque de rayon 500 m

● Zone d'impact : surface d'une pale entière

Carte 39 : Zone d'effet et zone d'impact en cas de projection de pale ou de fragment de pale d'une éolienne



0 240 480 m



Développement SAS

Synthèse des enjeux humains dans la zone d'effet du phénomène de projection de pale

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

- Projet**
  - Eolienne projetée
- Parc existant**
  - Eolienne en exploitation

**Zone d'effet du phénomène dangereux**

- Rayon de 500 m

**Enjeux humains**

- a - Zone agricole
- b1 - Pistes et chemins existants
- b2 - Chemin à créer pour accéder aux éoliennes
- b3 - Aire de grutage des éoliennes projetées
- c - Autoroute A1

Janvier 2017  
Echelle : 1/12 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN



Carte 40 : Enjeux humains concernés par le phénomène de projection de pale ou de bris de pale

L'intensité du phénomène de projection de pale entière d'une éolienne est considérée comme « **modérée** » au sein de la zone d'effet de 500 m.

### 8.2.4.3. Gravité

En fonction de l'intensité du phénomène de projection de pale ou fragment de pale, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour ce phénomène grâce à l'échelle de gravité définie préalablement.

**Cf. Tableau 54 - colonne 4 : « Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition modérée »**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur du parc Extension Plaine de l'Escrebieux, le nombre de personnes permanentes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée. Une carte rappelle les enjeux concernés par le phénomène de projection de pale ou de bris de pale, et précise la longueur des voies et chemins traversant la zone d'effet. **Cf. Carte 40**

Projection de pale ou fragment de pale						
Catégorie d'enjeu	Enjeu(x) humain(s) dans la zone d'effet		Nombre de personnes exposées			Niveau de gravité
	surface / longueur de l'enjeu		comptage	par enjeu	Total	
A1	a	785 398 - 2 297 - 11 178 = 771 923 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,77	0,90 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	2 794 m x 4 m = 11 178 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,13		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2 297 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A2	a	785 398 - 11 206 - 2 197 = 771 995 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,77	0,90 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	2 801 m x 4 m = 11 206 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,13		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2 197 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A4	a	785 398 - 12 900 - 2 170 = 770 328 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,77	209 pers	Catastrophique
	b <sub>1</sub>	3 225 m x 4 m = 12 900 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,14		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2 170 m <sup>2</sup>				
	c	0,476 km				
A5	a	785 398 - 2 666 - 9 356 = 773 376 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,77	0,89 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	2 339 m x 4 m = 9356 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,12		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2666 m <sup>2</sup>				
	c	-				

**Détermination de la gravité du phénomène de projection de pale ou fragment de pale**

La gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale depuis une éolienne de l'installation Extension Plaine d'Escrebieux est considérée comme modérée vis-à-vis de la population voisine, pour les éoliennes A1, A2 et A5, et catastrophique pour l'éolienne A4.

### 8.2.4.4. Probabilité

Les probabilités de projection de pale entière ou de fragment de pale retenues dans la littérature sont détaillées dans le tableau suivant. Y figure également la valeur retenue par le constructeur des éoliennes.

Projection de pale ou fragment de pale		
Source	Fréquence annuelle	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project	1*10 <sup>-6</sup>	Respect de l'Eurocode EN 1990 : «Basis of structural design»
Guide for risk based zoning of wind turbine	1,1*10 <sup>-3</sup>	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distance	6,1*10 <sup>-4</sup>	Recherche internet des accidents entre 1996 et 2003
Accidentologie interne VESTAS	10 <sup>-3</sup>	Retour d'expérience

**Tableau 67 : Probabilités de projection de pale ou fragment de pale retenues dans la littérature**

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

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** = improbable » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

**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
- ◆ un **système de détection des vents forts** et un **système redondant de freinage** et de mise en sécurité des installations
- ◆ l'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.

**Au regard de ces éléments, il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D=rare » : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».**

### 8.2.4.5. Acceptabilité

Le guide technique, validé par la DGPR précise que : « 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. Si le nombre de personnes permanentes (ou équivalent) est supérieur à ces chiffres, l'exploitant peut engager une étude supplémentaire pour déterminer le risque d'atteinte de l'enjeu à l'origine de ce niveau de gravité et vérifier l'acceptabilité du risque. Le cas échéant, des mesures de sécurité supplémentaires pourront être mises en place pour améliorer l'acceptabilité du risque. »

Le phénomène de projection d'une pale entière ou d'un fragment de pale d'une éolienne du projet Extension Plaine d'Escrebieux constitue un **phénomène rare, ayant fait l'objet de mesures correctives significatives** (prévention, contrôle, systèmes de mise en sécurité, etc.) grâce aux enseignements tirés du retour d'expérience.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc Extension Plaine de l'Escrebieux, la gravité associée et précise le niveau de risque (acceptable ou non) :

Projection de pale ou fragment de pale		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
A1	Modérée	<b>acceptable</b>
A2	Modérée	<b>acceptable</b>
A4	Catastrophique	<b>acceptable</b>
A5	Modérée	<b>acceptable</b>

**Tableau 68 : Evaluation du niveau de risque «projection de pale ou fragment de pale» pour chaque aérogénérateur du parc Extension Plaine de l'Escrebieux**

Le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale est donc considéré comme un risque **acceptable** pour les personnes, au regard de son évaluation, pour chaque éolienne de l'installation Extension Plaine de l'Escrebieux.

Il convient de préciser que les éoliennes projetées sont volontairement implantées dans des zones très peu fréquentées afin de limiter les risques d'accident sur les tiers.

#### 8.2.4.6. Effets dominos potentiels

Les éoliennes projetées et construites sont distantes les unes des autres d'au moins 390 m.

Cependant, vu de l'état des connaissances scientifiques actuelles en matière de projection d'élément à une distance lointaine (trajectoire et comportement du projectile dans l'air), les effets dominos dus à la projection d'un fragment de pale depuis une éolienne seront négligés (comme le préconise le guide technique national du SER et de l'INERIS).

Le poste de livraison est suffisamment éloigné de l'installation projetée pour ne pas être concerné par le risque de projection d'un élément de l'une des machines.

### 8.2.5. Scénario n°5 : Projection de glace

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

#### 8.2.5.1. Zone d'effet

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie.

Le rapport *Wind energy production in cold climate (WECCO), Final report* (Bengt Tammelin et al.) propose une distance d'effet en fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt en cas de givre ou de glace. Cette distance d'effet proposée correspond à **1,5 fois la hauteur du moyeu additionnée du diamètre du rotor de l'éolienne**.

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures telles que *Risk analysis of ice throw from wind turbines* (Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J).

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, bien que le nombre de jours de gel reste modéré sur le secteur d'implantation, et que l'éolienne dispose d'un système redondant de détection de givre avec arrêt d'urgence.

**Ainsi, pour le parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, le diamètre de la zone d'effet du phénomène de projection de glace est de  $1,5 \times (99,5 + 113)$  soit 318,75 m.**

Cf. Carte 41

#### 8.2.5.2. Intensité

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

Cf. Carte 41

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace depuis une éolienne du parc Extension Plaine d'Escrebieux.

Il a été considéré un morceau de glace majorant de surface  $SG = 1 \text{ m}^2$

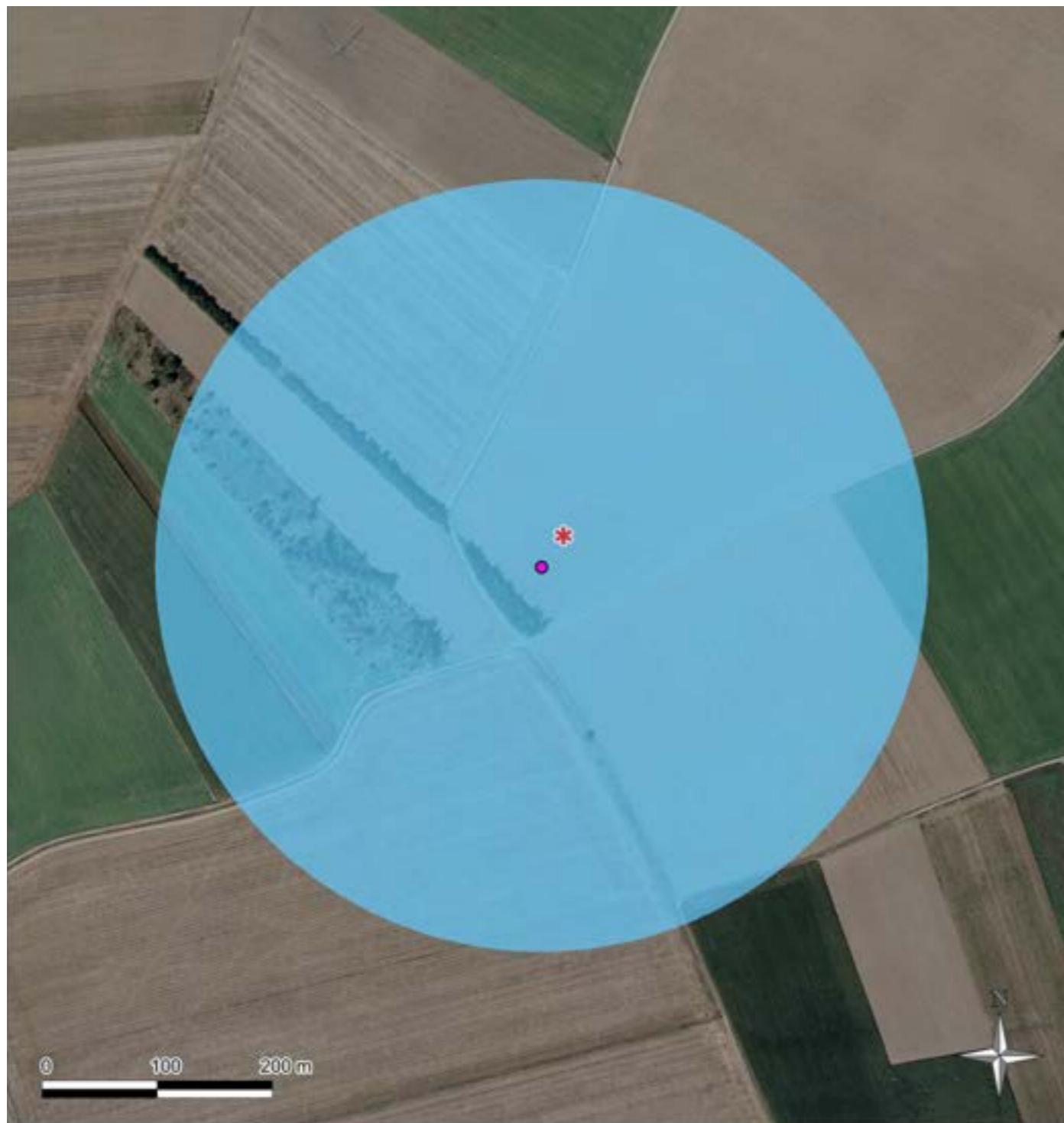
$H$  = hauteur du mât = 99,5 m

$R$  = longueur de la pale + moyeu = diamètre du rotor / 2 = 56,5 m

	projection de glace			
	Zone d'impact = $Z_I$	Zone d'effet = $Z_E$	Degré d'exposition = $D$	Intensité
Définition	$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times [1,5 \times (H + (2 \times R))]^2$	$D = Z_I / Z_E$	dépend de $D$
SWT-3.2-113	1 m <sup>2</sup>	319 191 m <sup>2</sup>	0,0003 % (<1%)	exposition <b>modérée</b>

Tableau 69 : Détermination de l'intensité du phénomène de projection de glace

L'intensité du phénomène de projection de glace depuis une éolienne est considérée comme « **modérée** » au sein de la zone d'effet.



#### Intensité du phénomène de projection de glace

Projet éolien Extension Plaine d'Escrebieux  
Janvier 2017  
Echelle : 1/5 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN SCAN 25

**ECOTÉRA**

Développement ...

#### Projet

● Eolienne

#### Intensité du phénomène de projection de glace

■ Zone d'effet : disque de rayon 334,5 m pour la V117

\* Zone d'impact \*: surface du morceau de glace (1 m<sup>2</sup>)

\* le morceau de glace est symbolisé car il n'aurait pas été visible à cette échelle

Carte 41 : Zone d'effet et zone d'impact en cas de projection de glace d'une éolienne





Janvier 2017  
Echelle : 1/8 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN

**ECOTERA**

Développement S.A.S

Synthèse des enjeux humains dans la zone  
d'effet du phénomène de projection de glace  
d'une éolienne

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

Projet ● Eolienne      Parc existant ● Eolienne en exploitation

Zone d'effet du phénomène dangereux  
Rayon de 318,75 m

Enjeux humains

- a - zone agricole
- b1 - Pistes et chemins existants
- b2 - Chemin à créer pour accéder aux éoliennes
- b3 - aire de grutage des éoliennes projetées
- c - Autoroute A1



Carte 42 : Enjeux humains concernés par le phénomène de projection de glace

### 8.2.5.3. Gravité

En fonction de l'intensité du phénomène de projection de glace, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour ce phénomène grâce à l'échelle de gravité définie préalablement.

**Cf. Tableau 54 - colonne 4 : « Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition modérée »**

Il a été observé dans la littérature disponible - *Risk analysis of ice throw from wind turbines* (Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J) - 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. C'est pourquoi **les personnes abritées ne seront pas comptabilisées pour le calcul de la gravité. Les enjeux humains tels que les autoroutes, les routes départementales, les voies ferrées et bâtiments ne seront donc pas considérés comme cibles potentielles d'une projection de glace.**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur du parc Extension Plaine de l'Escrebieux, le nombre de personnes permanentes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée. Une carte rappelle les enjeux concernés par le phénomène de projection de glace, et précise la longueur des chemins traversant la zone d'effet.

**Cf. Carte 42**

Projection de glace						
Enjeu(x) humain(s) dans la zone d'effet		Nombre de personnes exposées			Niveau de gravité	
Catégorie d'enjeu	surface / longueur de l'enjeu	comptage	par enjeu	Total		
A1	a	319 191 - 2297 - 5294 = 311 034 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,31	0,38 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	1324 m x 4 m = 5294 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,07		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2297 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A2	a	319 191 - 2197 - 5602 = 311 392 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,31	0,38 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	1490 m x 4 m = 5960 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,07		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2197 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A4	a	319 191 - 4 084 - 2 170 = 312 937 m <sup>2</sup>	1 pers / 100 ha	0,31	0,37 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	1 021 x 4 = 4 084 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,06		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2 170 m <sup>2</sup>				
	c	-				
A5	a	319 191 - 4 888 - 2 666 = 311 609	1 pers / 100 ha	0,31	0,38 pers	Modéré
	b <sub>1</sub>	1 229 m x 4 m = 4916 m <sup>2</sup>	1 pers / 10 ha	0,07		
	b <sub>2</sub>	-				
	b <sub>3</sub>	2 666 m <sup>2</sup>				
	c	-				

**Tableau 70 : Détermination de la gravité du phénomène de projection de glace**

La gravité du phénomène de projection de glace depuis une éolienne de l'installation Extension Plaine d'Escrebieux est considérée comme modérée pour toutes les éoliennes vis-à-vis de la population voisine.

### 8.2.5.4. Probabilité

Le retour d'expérience est peu fourni en matière de projection de glace par une éolienne.

Par ailleurs, aucun accident lié à la projection de glace n'a été recensé.

Egalement, les éoliennes projetées respectent les dispositions de l'arrêté du 26 août 2011 en matière de prévention de

projection de glace.

Aussi, il est proposé une probabilité forfaitaire de **ce phénomène de niveau « B », c'est à dire une probabilité comprise entre 10<sup>-2</sup> et 10<sup>-3</sup>.**

### 8.2.5.5. Acceptabilité

Le guide technique, validé par la DGPR précise que : « *Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « sérieux ».* Cela correspond pour cet évènement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieure à 10 dans la zone d'effet. »

Le phénomène de projection de glace constitue un épisode rarement observé ou du moins rarement transcrit dans la littérature spécialisée. De ce fait, ce phénomène a été considéré de manière conservatrice comme évènement de classe de probabilité « B ».

Il convient de rappeler que sur le site d'implantation du parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, la période de gel est estimée à 56,9 jours/an, et que le climat est principalement tempéré, doux et humide.

La gravité de ce phénomène a été évaluée comme **modérée** avec **moins d'une personne exposée** dans la zone d'effet d'une éolienne, dans les cas des éoliennes A1, A2, A4 et A5.

**Ainsi, pour les éoliennes du parc éolien Extension Plaine de l'Escrebieux, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

Comme décrit précédemment, les éoliennes projetées disposent d'un système de déduction de formation de glace sur les pales, par conséquent, en cas de suspicion de dépôt de givre sur les pales, l'éolienne est mise à l'arrêt, limitant le risque de projection.

Il faut également préciser que, conformément à 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 projection / 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.**

### 8.2.5.6. Effets dominos potentiels

**Vu l'éloignement entre les éoliennes, projetées et construites (supérieur à 390 m), leur intégrité n'est pas menacée en cas de projection de glace depuis l'une d'elles.**

**Il en est de même pour le(s) poste(s) de livraison d'électricité.**

## 8.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

### 8.3.1. Synthèse des scénarios étudiés pour chaque catégorie d'enjeu

L'analyse détaillée des risques a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- ♦ Les scénarios d'effondrement, de chute d'élément de l'éolienne, de chute et de projection de glace ne concernent que des terrains peu à très peu fréquentés.
- ♦ Le scénario de projection de pale (ou de fragment de pale) de l'éolienne A4 est susceptible d'atteindre l'autoroute A1. Néanmoins, le risque est considéré acceptable au vu de la faible probabilité d'apparition du phénomène.

Les caractéristiques des scénarios d'accidents identifiés sont synthétisées dans le tableau suivant.

Scénario d'accident	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Enjeux concernés (par catégorie)	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque de rayon 156 m	Rapide	Exposition <b>forte</b>	D	a - zone agricole	Modérée (toutes les éoliennes)
					b - voies communales, chemins et aires de grutage	Modérée (toutes les éoliennes)
Chute d'élément	Zone de survol des pales Disque de rayon 56,5 m	Rapide	Exposition <b>forte</b>	C	a - zone agricole	Sérieuse (toutes les éoliennes)
					b - voies communales, chemins et aires de grutage	Sérieuse (toutes les éoliennes)
Chute de glace	Zone de survol des pales Disque de rayon 56,5 m	Rapide	Exposition <b>modérée</b>	A	a - zone agricole	Modérée (toutes les éoliennes)
					b - voies communales, chemins et aires de grutage	Modérée (toutes les éoliennes)
Projection de pale ou de fragment de pale	Disque de rayon 500 m	Rapide	Exposition <b>modérée</b>	D	a - zone agricole	Modérée (toutes les éoliennes)
					b - voies communales, chemins et aires de grutage	Modérée (toutes les éoliennes)
					c - autoroute A1	Catastrophique pour l'éolienne A4 et modérée pour les éoliennes A1, A2 et A5.
Projection de glace	Zone de survol des pales Disque de rayon 318,75 m	Rapide	Exposition <b>modérée</b>	B	a - zone agricole	Modérée (toutes les éoliennes)
					b - voies communales, chemins et aires de grutage	Modérée (toutes les éoliennes)

Tableau 71 : Synthèse de l'étude détaillée des risques

### 8.3.2. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants reprennent, pour chaque éolienne de l'installation Extension Plaine de l'Escrebieux, les scénarios étudiés et les résultats de leur évaluation au regard des paramètres cinétique, intensité, probabilité et gravité.

Eolienne A1										
Scénario	Zone d'effet	Zone d'impact	Intensité	Cinétique	Probabilité	Nb de personnes exposées	Gravité	Barrières de sécurité initiales	Niveau de risque	Mesure de sécurité supplémentaire ?
Effondrement	Disque de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne	surface du mât + surface du rotor	exposition <b>forte</b>	rapide	D	0,11	modérée	n°9-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Chute de glace	Zone de surplomb	morceau de glace de 1 m <sup>2</sup>	exposition <b>modérée</b>	rapide	A	0,03	modérée	n°2	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Chute d'élément	Zone de surplomb	pale entière (cas majorant)	exposition <b>forte</b>	rapide	C	0,03	sérieuse	n°10-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Projection de pale ou fragment de pale	Disque de 500 m de rayon	pale entière (cas majorant)	exposition <b>modérée</b>	rapide	D	0,90	modérée	n°4-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Projection de glace	Disque de rayon égal à 1,5*(H+2R)	morceau de glace de 1 m <sup>2</sup>	exposition <b>modérée</b>	rapide	B	0,38	modérée	n°1-2	<b>acceptable</b>	non nécessaire

Tableau 72 : Synthèse de l'évaluation des scénarios d'accidents pour l'éolienne A1

Eolienne A2										
Scénario	Zone d'effet	Zone d'impact	Intensité	Cinétique	Probabilité	Nb de personnes exposées	Gravité	Barrières de sécurité initiales	Niveau de risque	Mesure de sécurité supplémentaire ?
Effondrement	Disque de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne	surface du mât + surface du rotor	exposition <b>forte</b>	rapide	D	0,11	modérée	n°9-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Chute de glace	Zone de surplomb	morceau de glace de 1 m <sup>2</sup>	exposition <b>modérée</b>	rapide	A	0,03	modérée	n°2	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Chute d'élément	Zone de surplomb	pale entière (cas majorant)	exposition <b>forte</b>	rapide	C	0,03	sérieuse	n°10-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Projection de pale ou fragment de pale	Disque de 500 m de rayon	pale entière (cas majorant)	exposition <b>modérée</b>	rapide	D	0,90	modérée	n°4-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Projection de glace	Disque de rayon égal à 1,5*(H+2R)	morceau de glace de 1 m <sup>2</sup>	exposition <b>modérée</b>	rapide	B	0,38	modérée	n°1-2	<b>acceptable</b>	non nécessaire

Tableau 73 : Synthèse de l'évaluation des scénarios d'accidents pour l'éolienne A2

Eolienne A4										
Scénario	Zone d'effet	Zone d'impact	Intensité	Cinétique	Probabilité	Nb de personnes exposées	Gravité	Barrières de sécurité initiales	Niveau de risque	Mesure de sécurité supplémentaire ?
Effondrement	Disque de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne	surface du mât + surface du rotor	exposition <b>forte</b>	rapide	D	0,10	modérée	n°9-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Chute de glace	Zone de surplomb	morceau de glace de 1 m <sup>2</sup>	exposition <b>modérée</b>	rapide	A	0,03	modérée	n°2	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Chute d'élément	Zone de surplomb	pale entière (cas majorant)	exposition <b>forte</b>	rapide	C	0,03	sérieuse	n°10-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Projection de pale ou fragment de pale	Disque de 500 m de rayon	pale entière (cas majorant)	exposition <b>modérée</b>	rapide	D	209	catastrophique	n°4-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Projection de glace	Disque de rayon égal à 1,5*(H+2R)	morceau de glace de 1 m <sup>2</sup>	exposition <b>modérée</b>	rapide	B	0,37	modérée	n°1-2	<b>acceptable</b>	non nécessaire

Tableau 74 : Synthèse de l'évaluation des scénarios d'accidents pour l'éolienne A4

Eolienne A5										
Scénario	Zone d'effet	Zone d'impact	Intensité	Cinétique	Probabilité	Nb de personnes exposées	Gravité	Barrières de sécurité initiales	Niveau de risque	Mesure de sécurité supplémentaire ?
Effondrement	Disque de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne	surface du mât + surface du rotor	exposition <b>forte</b>	rapide	D	0,12	modérée	n°9-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Chute de glace	Zone de surplomb	morceau de glace de 1 m <sup>2</sup>	exposition <b>modérée</b>	rapide	A	0,03	modérée	n°2	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Chute d'élément	Zone de surplomb	pale entière (cas majorant)	exposition <b>forte</b>	rapide	C	0,03	sérieuse	n°10-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Projection de pale ou fragment de pale	Disque de 500 m de rayon	pale entière (cas majorant)	exposition <b>modérée</b>	rapide	D	0,89	modérée	n°4-11	<b>acceptable</b>	non nécessaire
Projection de glace	Disque de rayon égal à 1,5*(H+2R)	morceau de glace de 1 m <sup>2</sup>	exposition <b>modérée</b>	rapide	B	0,38	modérée	n°1-2	<b>acceptable</b>	non nécessaire

Tableau 75 : Synthèse de l'évaluation des scénarios d'accidents pour l'éolienne A5

### 8.3.3. Matrice de criticité et hiérarchisation des risques

Le niveau de risque pour chaque scénario d'accident susceptible de se produire sur l'installation Extension Plaine d'Escrebieux a été évalué précédemment, de manière littérale, sur la base d'une évaluation qualitative des paramètres gravité et probabilité notamment, en se basant sur le retour d'expérience.

La matrice de criticité du projet éolien Extension Plaine d'Escrebieux est détaillée ci-après.

Niveau de gravité	Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique		scénario projection élément A4			
Important					
Sérieux		scénario d'effondrement	scénario chute d'élément		
Modéré		scénario projection élément		scénario projection de glace	scénario chute de glace

Tableau 76 : Matrice de criticité de l'installation Extension Plaine de l'Escrebieux

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
risque très faible		<b>acceptable</b>
risque faible		<b>acceptable</b>
risque important		<b>non acceptable</b>

Rappel des scénarios d'accidents :

**scénario 1** : effondrement d'une éolienne

**scénario 2** : chute de glace

**scénario 3** : chute d'élément

**scénario 4** : projection de pale ou de bris de pale

**scénario 5** : projection de glace

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

- ♦ **aucun accident n'est jugé inacceptable** ;
- ♦ certains accidents apparaissent en case «jaune». Pour ces événements, il convient de rappeler que les fonctions de sécurité détaillées précédemment sont toutes mises en place.

**Cf. 7.3, «Mise en place des barrières ou mesures de sécurité», page 116**

Suite à l'étude de dangers, les risques présentés par le parc éolien Extension Plaine d'Escrebieux sont récapitulés ci-après, par ordre d'importance (sur une échelle de probabilité) :

- Chute d'éléments de l'éolienne
- Chute de glace
- Projection de glace
- Projection de pale ou de fragment de pale
- Effondrement de l'éolienne

Ces risques ont été évalués comme **acceptables** au regard de plusieurs critères :

- l'**analyse du retour d'expérience**, permettant d'appréhender la **probabilité** des phénomènes accidentels (si aucune donnée n'était disponible dans la littérature, une classe de probabilité majorante a été appliquée) ;
- les **caractéristiques de l'installation**, et notamment les **mesures de contrôle, de prévention et de protection mises en place par l'exploitant** au regard des risques inhérents à l'éolien;
- l'**environnement humain, naturel et matériel** de l'installation, qui a permis de dégager les enjeux à préserver et d'évaluer la **gravité** potentielle des phénomènes dangereux ;
- l'**organisation des moyens de secours** mis en place par l'exploitant et des moyens de secours externes, décrits par la suite.

*Cf. 10, «Nature, organisation & intervention des moyens de secours», page 167*

# 9. SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE : ZONES DE RISQUES



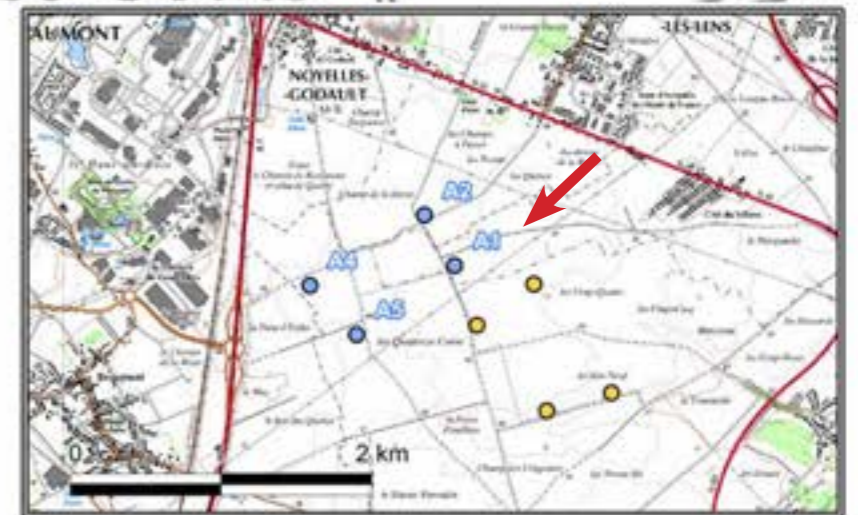
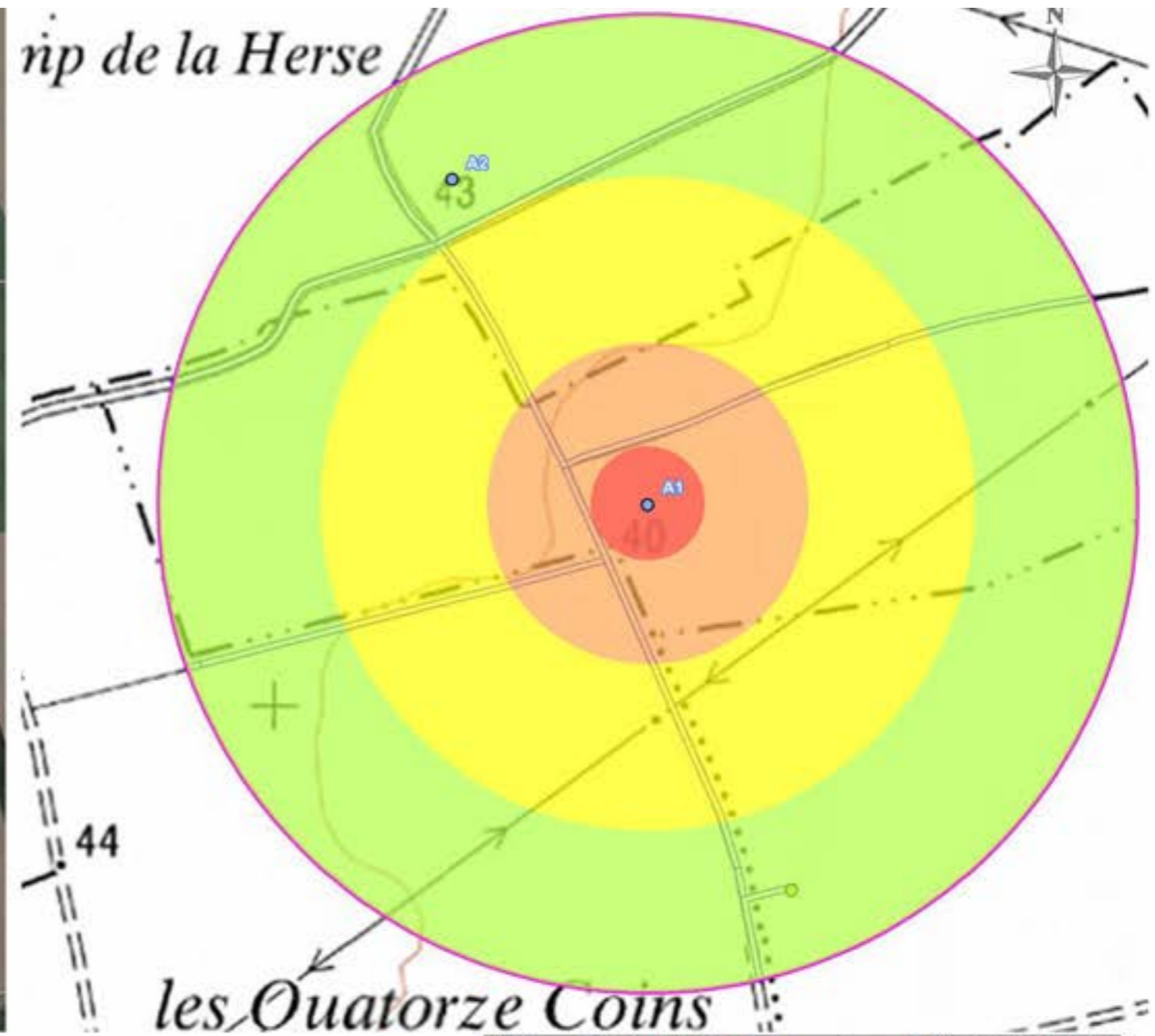
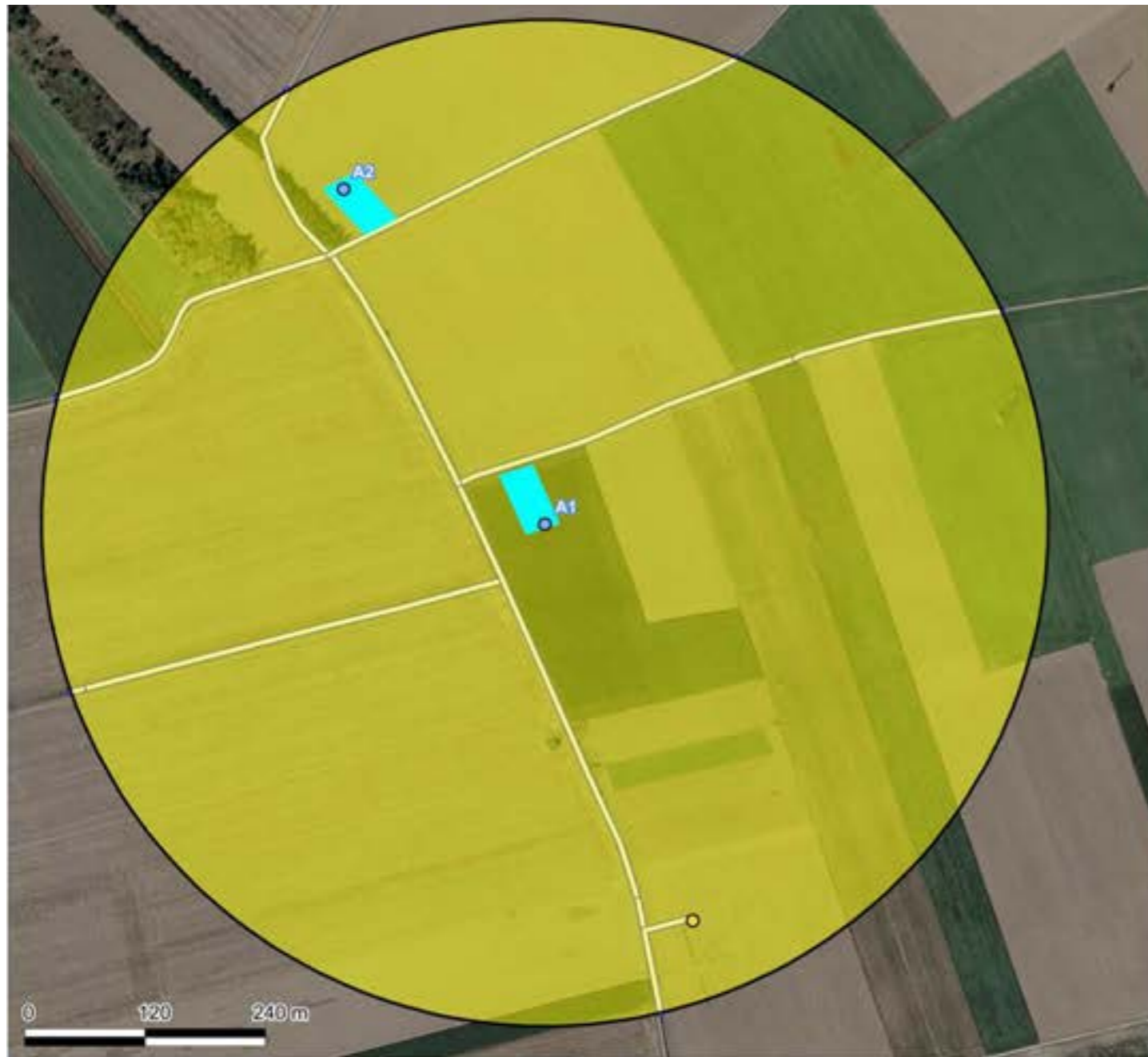
Les zones de risques ou zones d'effets ont été mises en évidence au cours de cette étude de dangers. Elles sont reprises sur les cartes de synthèse pour chaque aérogénérateur du projet Extension Plaine de l'Escrebieux.

Pour toutes les éoliennes :

- **0 à 56,5 m** : risques de rupture avec chute d'élément (bris de pales, élément fixé sur le nacelle, glace)
- **0 à 156 m** : risque d'effondrement de l'éolienne
- **0 à 318,75 m** : risque de rupture avec projection de glace
- **0 à 500 m** : risque de rupture avec projection de pale ou fragment de pale

Figurent également sur les cartes :

- ♦ les enjeux humains étudiés dans l'étude détaillée des risques
- ♦ l'intensité des phénomènes dangereux dans leur zone d'effet
- ♦ le nombre total de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet



Synthèse des scénarios d'accident potentiels impliquant l'éolienne A1 - Zones de risques -

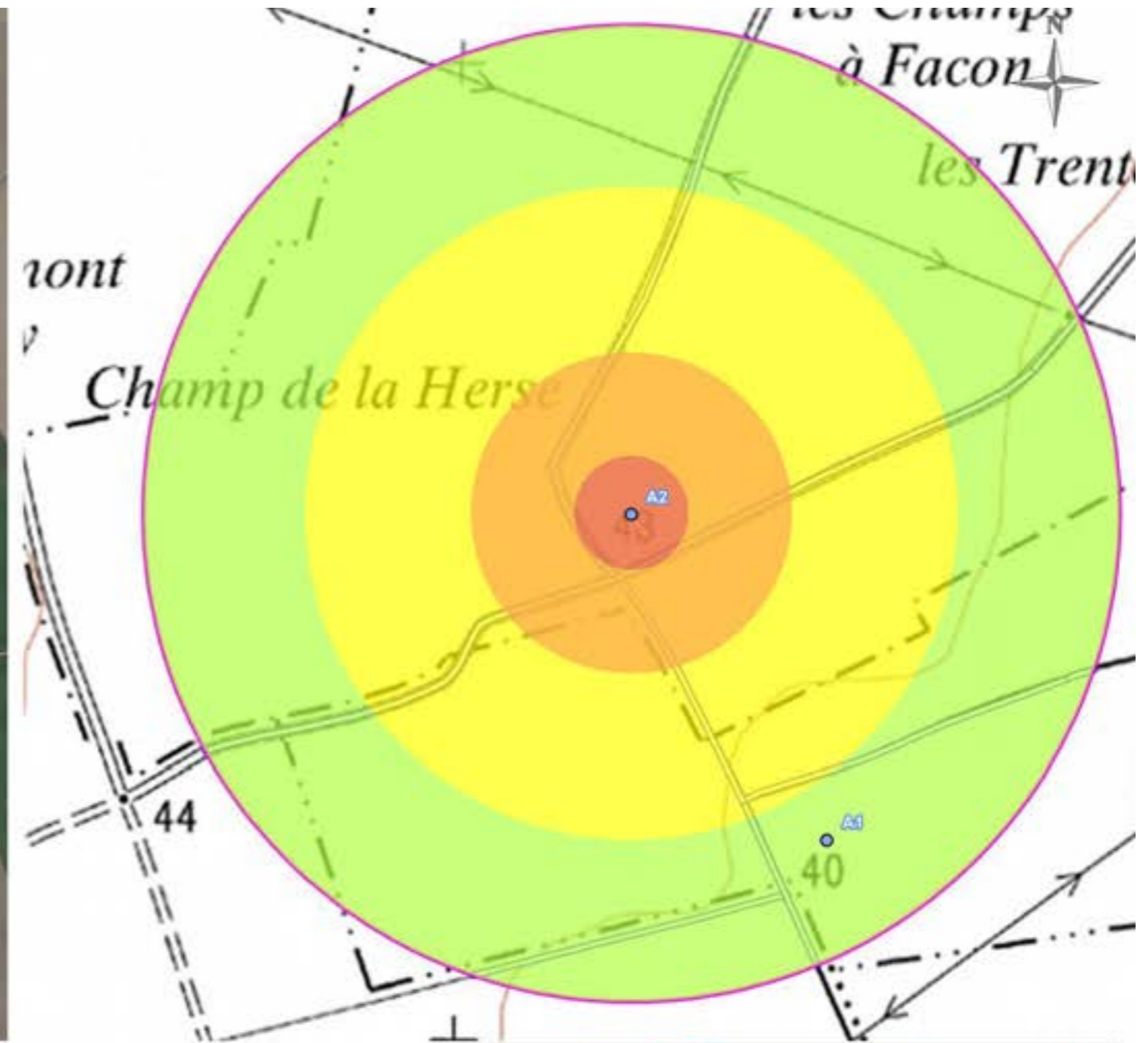
Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

Septembre 2017  
Echelle : 1/6 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN & BD Ortho

- Projet**  
● Eolienne
- Parc existant**  
● Eolienne en exploitation
- Aire d'étude**  
□ Périmètre de 500 m
- Enjeux humains**  
■ a - Zone agricole  
— b1 - Pistes et chemins existants  
— b2 - Chemin d'accès aux éoliennes à créer  
■ b3 - Aire de grutage  
— c - Autoroute A1

- Exposition de la population**  
■ MODEREE : Scénario de projection de pale/ bris de pale (rayon de 500 m)  
■ MODEREE : Scénario de projection de glace (rayon de 318,75 m)  
■ MODEREE : Scénario d'effondrement de l'éolienne (rayon de 156 m)  
■ MODEREE à FORTE : Scénario de chute d'élément / de glace (rayon de 56,5 m)
- Nombre de personnes exposées**  
□ Moins d'une personne exposée

Carte 43 : Synthèse des zones de risques de l'éolienne A1



Synthèse des scénarios d'accident potentiels impliquant l'éolienne A2 - Zones de risques -

Projet éolien Extension Plaine d'Escrebieux

Septembre 2017  
Echelle : 1/6 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN & BD Ortho

**Projet**

● Eolienne

**Parc existant**

● Eolienne en exploitation

**Aire d'étude**

□ Périmètre de 500 m

**Enjeux humains**

- a - Zone agricole
- b1 - Pistes et chemins existants
- b2 - Chemin d'accès aux éoliennes à créer
- b3 - Aire de grutage
- c - Autoroute A1

**Exposition de la population**

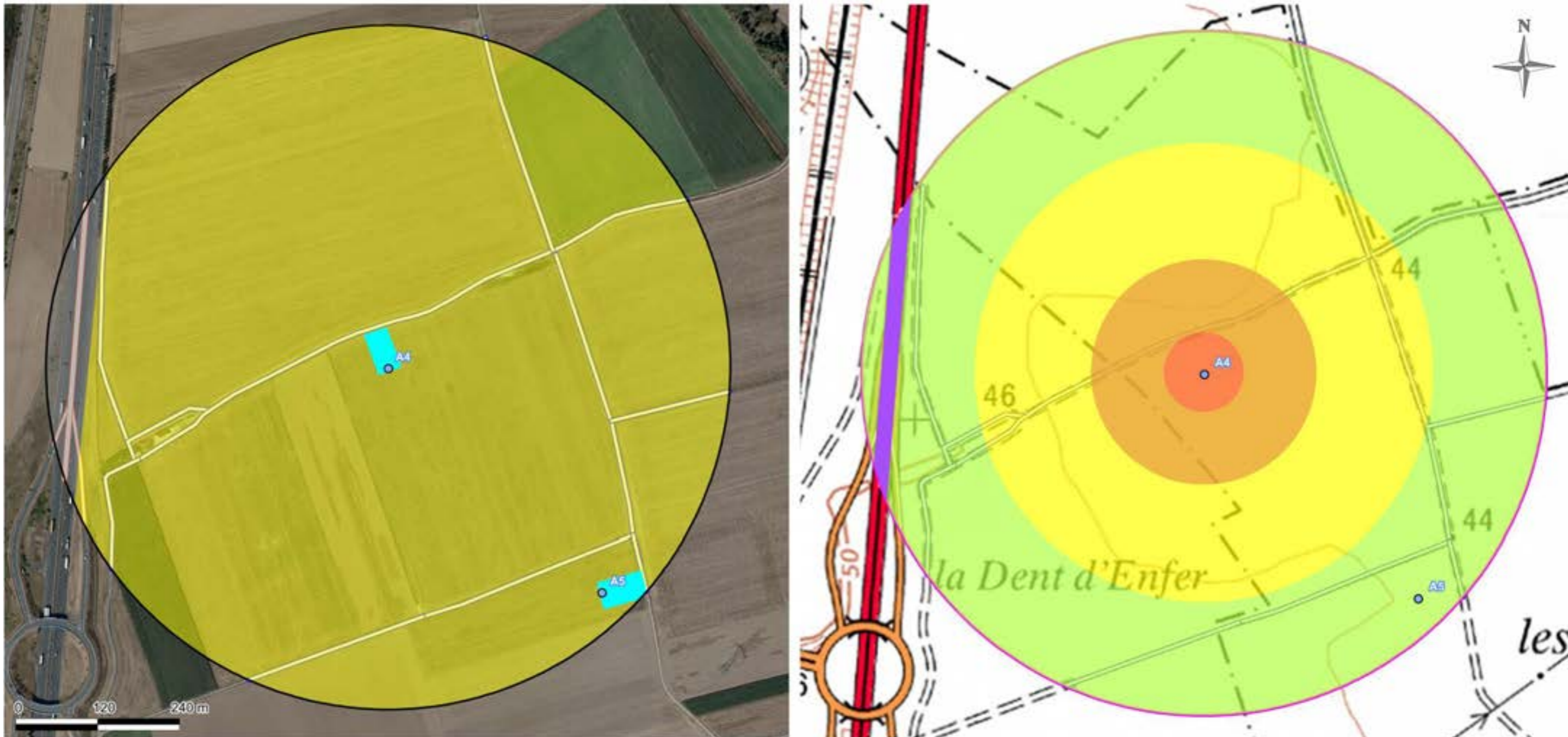
- MODEREE : Scénario de projection de pale / bris de pale (rayon de 500 m)
- MODEREE : Scénario de projection de glace (rayon de 318,75 m)
- MODEREE : Scénario d'effondrement de l'éolienne (rayon de 156 m)
- MODEREE à FORTE : Scénario de chute d'élément / de glace (rayon de 56,5 m)

**Nombre de personne exposées**

□ Moins d'une personne exposée



Carte 44 : Synthèse des zones de risques de l'éolienne A2



Développement SAS

Synthèse des scénarios d'accident potentiels impliquant l'éolienne A4 - Zones de risques -

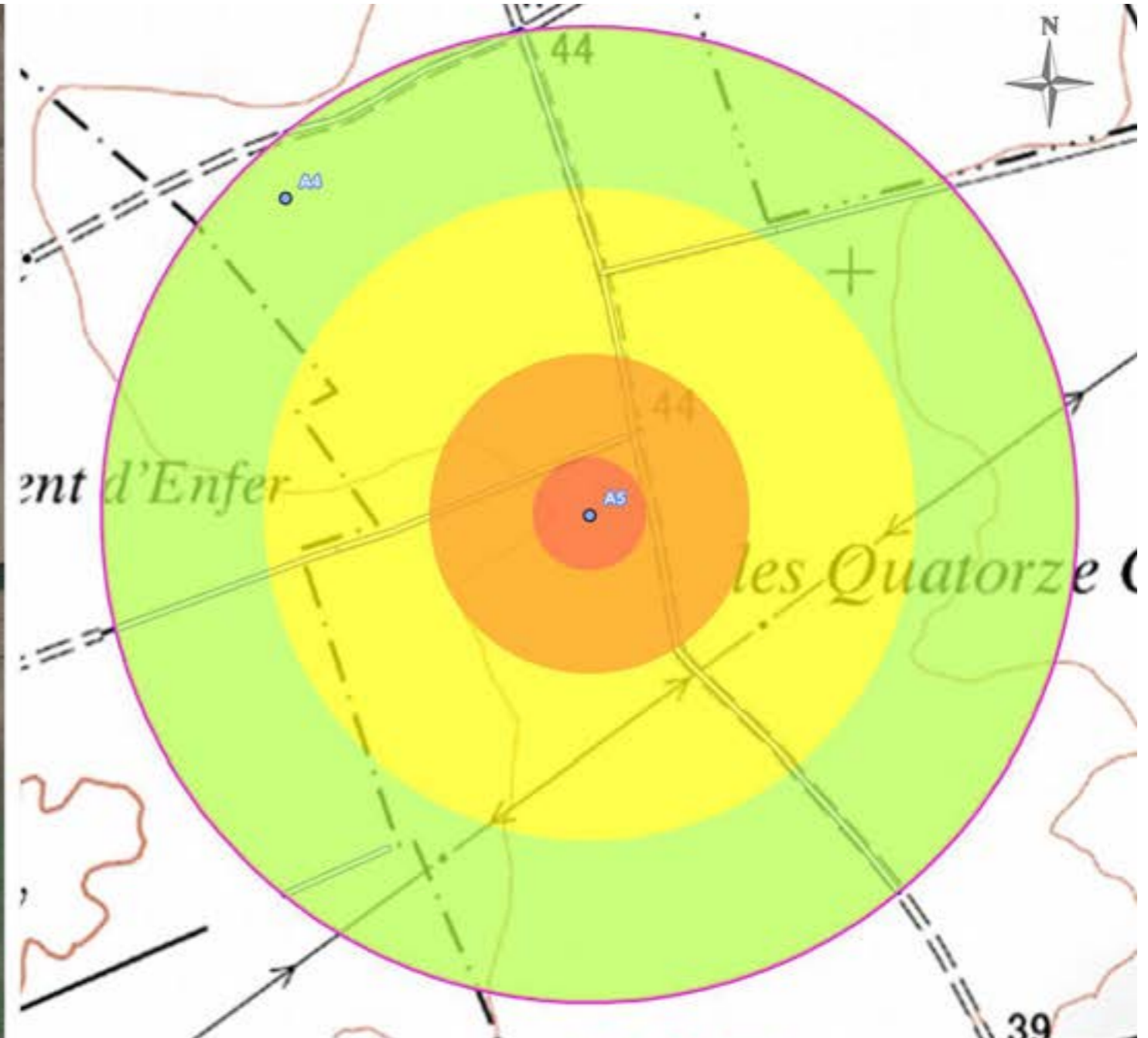
Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

Septembre 2017  
Echelle : 1/8 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN & BD Ortho

- |   |  |
|---|--|
| <b>Projet</b>   | <b>Parc existant</b>   |
| <span style="color: blue;">●</span> Eolienne  | <span style="color: yellow;">●</span> Eolienne en exploitation |
| <b>Aire d'étude</b>   |  |
| □ Périmètre de 500 m  |  |
| <b>Enjeux humains</b>   |  |
| <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> a - Zone agricole  |  |
| <span style="border-bottom: 1px solid blue; width: 20px; display: inline-block;"></span> b1 - Pistes et chemins existants                     |  |
| <span style="border-bottom: 1px solid brown; width: 20px; display: inline-block;"></span> b2 - Chemin d'accès aux éoliennes à créer           |  |
| <span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> b3 - Aire de grutage |  |
| <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> c - Autoroute A1                                   |  |

- |   |  |
|---|--|
| <b>Exposition de la population</b>  |  |
| <span style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> MODEREE : Scénario de projection de pale/ bris de pale (ray) |  |
| <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> MODEREE : Scénario de projection de glace (rayon de 318,7        |  |
| <span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> MODEREE : Scénario d'effondrement de l'éolienne (rayon de        |  |
| <span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> MODEREE à FORTE : Scénario de chute d'élément / de glac             |  |
| <b>Nombre de personnes exposées</b>   |  |
| <span style="border: 1px solid pink; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Moins d'une personne exposée  |  |
| <span style="background-color: purple; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Plus de 100 personnes exposées                                   |  |

Carte 45 : Synthèse des zones de risques de l'éolienne A4



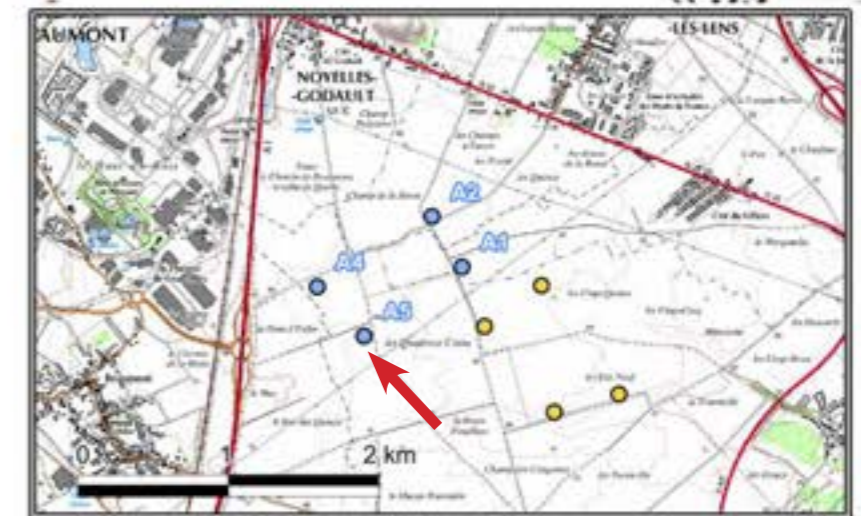
Synthèse des scénarios d'accident potentiels impliquant l'éolienne A5 - Zones de risques -

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux

Septembre 2017  
Echelle : 1/6 000  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN & BD Ortho

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| <b>Projet</b>   | <b>Parc existant</b>       |
| ● Eolienne  | ● Eolienne en exploitation |
| <b>Aire d'étude</b>                                   |                            |
| □ Périmètre de 500 m                                  |                            |
| <b>Enjeux humains</b>                                 |                            |
| ■ a - Zone agricole                                   |                            |
| — b1 - Pistes et chemins existants                    |                            |
| — b2 - Chemin d'accès aux éoliennes à créer           |                            |
| ■ b3 - Aire de grutage                                |                            |
| — c - Autoroute A1                                    |                            |
| ■ d - Zone d'activité commerciale : METRO et VECANORD |                            |
| — e - Ligne TGV Nord Europe                           |                            |

- Exposition de la population**
- MODEREE : Scénario de projection de pale/ bris de pale (rayon de 318,7)
  - MODEREE : Scénario de projection de glace (rayon de 318,7)
  - MODEREE : Scénario d'effondrement de l'éolienne (rayon de 318,7)
  - MODEREE à FORTE : Scénario de chute d'élément / de glac
- Nombre de personnes exposées**
- Moins d'une personne exposée



Carte 46 : Synthèse des zones de risques de l'éolienne A5



Synthèse de l'étude de dangers :  
intensité des scénarios d'accident  
et nombre de personnes exposées

Projet éolien Extension  
Plaine d'Escrebieux  
Septembre 2017  
Echelle : 1/17 500  
Réf. : XPE/md  
Copyright IGN

- Projet**
- Eolienne projetée
- Parc existant**
- Eolienne en exploitation
- Exposition de la population**
- MODEREE : Scénario de projection de pale/ bris de pale (rayon de 500 m)
- MODEREE : Scénario de projection de glace (rayon de 318,75 m)
- MODEREE : Scénario d'effondrement de l'éolienne (rayon de 156 m)
- MODEREE à FORTE : Scénario de chute d'élément / de glace (rayon de 56,5 m)
- Nombre de personnes exposées**
- Moins d'une personne exposée
- Plus de 100 personnes exposées

Carte 47 : Synthèse des zones de risques autour du projet éolien Extension Plaine d'Escrebieux



# 10. NATURE, ORGANISATION & INTERVENTION DES MOYENS DE SECOURS