



## ÉTUDE DE DANGERS

### PROJET DE PARC ÉOLIEN DE THENNES DÉPARTEMENT DE LA SOMME



MWh CO<sub>2</sub> kWh MW MWc TEP W

A horizontal bar containing icons for energy and environmental metrics: a person with a camera, a person with a bicycle, and a group of people. The icons are placed above their respective labels: kWh, MW, MWc, TEP, and W.



# Étude de dangers

Projet de parc éolien de Thennes (Somme, 80)

Février 2018



**Maître d'Ouvrage : SARL Parc éolien de Thennes**



**Intervenants Abies :**

- Coordination et rédaction : François KINDLER
- Cartographie : Christelle MARTY
- Contrôle qualité : Paul NEAU

ABIES, SARL au capital de 172 800 euros  
RCS : 448 691 147 Toulouse - Code NAF : 7112B  
7, avenue du Général Sarrail  
31290 Villefranche-de-Lauragais - France  
Tél. : 05 61 81 69 00. Fax : 05 61 81 68 96. E-mail : info@abiesbe.com



# SOMMAIRE

L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible

1	PRÉAMBULE ET MÉTHODES .....	7	5	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION ....	45
1.1	Objectifs de l'étude de dangers .....	9	5.1	Potentiel de dangers liés aux produits .....	47
1.2	Contexte législatif et réglementaire .....	9	5.2	Potentiel de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	48
1.3	Nomenclature des installations classées .....	9	5.3	Réduction des potentiels de danger à la source .....	48
1.4	Cas des éoliennes et méthodologie .....	10	6	ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE .....	51
2	INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION .....	11	6.1	Accidentologie externe .....	53
2.1	Localisation du site .....	13	6.2	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences.....	62
2.2	Définition de la zone d'étude .....	13	6.3	Limite de l'étude d'accidentologie .....	62
3	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	15	7	ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES .....	63
3.1	Environnement humain .....	17	7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques .....	65
3.2	Environnement naturel .....	19	7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques.....	65
3.3	Environnement technologique .....	21	7.3	Recensement des agressions externes potentielles.....	65
3.4	Environnement matériel.....	22	7.4	Scenarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	66
3.5	Cartographie de synthèse .....	24	7.5	Effets dominos .....	69
4	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DES PROCÉDÉS DE FABRICATION .	29	7.6	Mise en place des mesures de sécurité .....	69
4.1	Caractéristiques d'un parc éolien .....	31	7.7	Conclusion de l'Analyse Préliminaire des Risques.....	72
4.2	Caractéristiques du parc éolien de Thennes .....	32	8	ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES.....	73
4.3	Fonctionnement d'une éolienne.....	35	8.1	Rappel des définitions .....	75
4.4	Aires de maintenance .....	37	8.2	Caractérisation des scenarii retenus .....	76
4.5	Chemins d'accès .....	37	8.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques .....	85
4.6	Durée de vie et démantèlement .....	37			
4.7	Production estimée .....	37			
4.8	Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	38			
4.9	La maintenance .....	41			
4.10	Démantèlement et remise en état du site.....	41			
4.11	Dispositions constructives .....	42			

# SOMMAIRE

9 CONCLUSION .....	89
10 ANNEXES .....	93
10.1 Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne .....	95
10.2 Scenarii génériques issus de l'analyse préliminaire des risques .....	96
10.3 Glossaire .....	98
10.4 Probabilité d'atteinte et risque individuel .....	99
10.5 Bibliographie et références utilisées .....	100

# 1 PRÉAMBULE ET MÉTHODES

1.1	Objectifs de l'étude de dangers .....	9
1.2	Contexte législatif et réglementaire .....	9
1.3	Nomenclature des installations classées .....	9
1.4	Cas des éoliennes et méthodologie .....	10





## 1.1 Objectifs de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la SARL Parc éolien de Thennes pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Thennes, autant technologiquement réalisable qu'économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou aux matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Nous rappelons que ce projet consiste en la création d'un parc éolien constitué de deux éoliennes.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les aérogénérateurs du parc de Thennes. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

Ainsi, cette étude permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

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

**Danger** : « Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore,...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz,...), à une disposition (élévation d'une charge),..., à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable ». Sont ainsi rattachées à la notion de "danger" les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible (pneumatique ou potentielle) qui caractérisent le danger ». (Glossaire des risques technologiques, circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers).

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

## 1.2 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L.181-25, l'étude de dangers « précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. ».

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarii d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L.511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne sont détaillées au sein de l'étude d'impact.

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par le III de l'article D.181-15-2 du code de l'environnement ; il est également détaillé dans 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 :

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

Cette circulaire apporte également des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

Enfin, l'étude de dangers s'intéresse aux risques générés par les aérogénérateurs lorsqu'ils sont en phase d'exploitation. Elle exclut donc la phase de construction.

## 1.3 Nomenclature des installations classées

Conformément à l'article R.511-9 du code de l'environnement, modifié par le décret n°2011-984 du 23 août 2011, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

A. - Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement.  
 (2) Rayon d'affichage en kilomètres.

Le parc éolien de Thennes comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise au régime d'autorisation (A), qualifiée d'Autorisation Environnementale au sens de l'article L.512-1 du code de l'environnement. Le Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale relatif à ce projet doit notamment comporter une étude de dangers.

## 1.4 Cas des éoliennes et méthodologie

Le cadre juridique de l'activité de la production d'énergie éolienne a été modifié depuis la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant Engagement National pour l'Environnement, dite « Loi Grenelle 2 ». En effet, depuis le 14 juillet 2011, les éoliennes sont désormais inscrites à la nomenclature des activités soumises au respect des règles applicables aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Dans la circulaire du 29 août 2011, relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées (DEVP1119997C), la ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement précisait alors que « les études de dangers, désormais exigibles pour les éoliennes soumises à autorisation, pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité ». Elle précise également que le Syndicat des Energies Renouvelables a lancé la réalisation d'une étude de dangers-type, examinée par la DGPR (Direction Générale de la Prévention des Risques), qui pourra constituer le corps principal des études de dangers qui seront remises par les pétitionnaires, même si une partie sera toujours à adapter au contexte local d'implantation.

L'éolien fait partie des énergies renouvelables les plus matures, sa technologie étant désormais bien maîtrisée. Sa croissance dans le monde est considérable depuis une dizaine d'années et fin 2016 la puissance éolienne totale installée s'élevait à plus de 486 749 MW dans le monde (source : Global Wind Energy Council). La capacité ajoutée sur la période 2015/2016 représente un taux de croissance de 12,5 % (+ 54,07 GW).

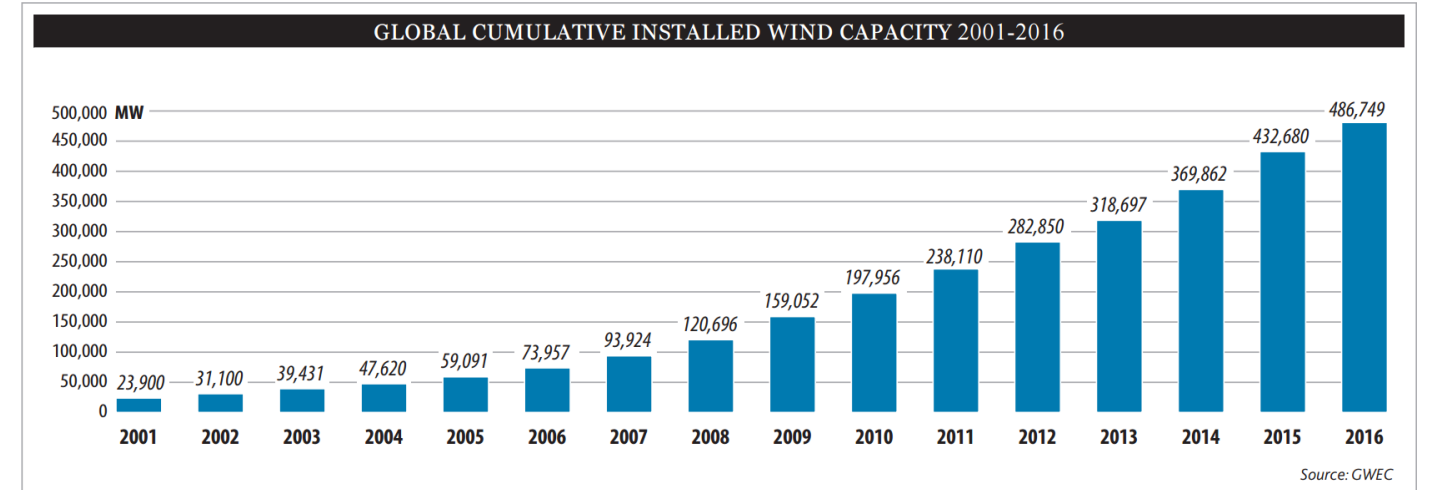


Figure 1 : Évolution de la capacité éolienne installée dans le monde depuis 2000 (Source : Global Wind Energy Council)

En France, des éoliennes sont opérationnelles depuis 25 ans. Fin 2016, le pays totalisait 11 722 MW de puissance raccordée sur son territoire ce qui représente près de 6 000 éoliennes et pour lesquelles très peu d'accidents majeurs sont recensés du fait d'un retour d'expériences important à travers le monde (environ 180 000 éoliennes exploitées).

**La présente étude de dangers respecte les prescriptions de l'article D.181-15-2 du code de l'environnement, elle a donc été réalisée sur la base de la « Trame type de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » achevée par l'INERIS pour le compte du Syndicat des Energies Renouvelables (version de mai 2012).**

## 2 INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1	Localisation du site .....	13
2.2	Définition de la zone d'étude .....	13

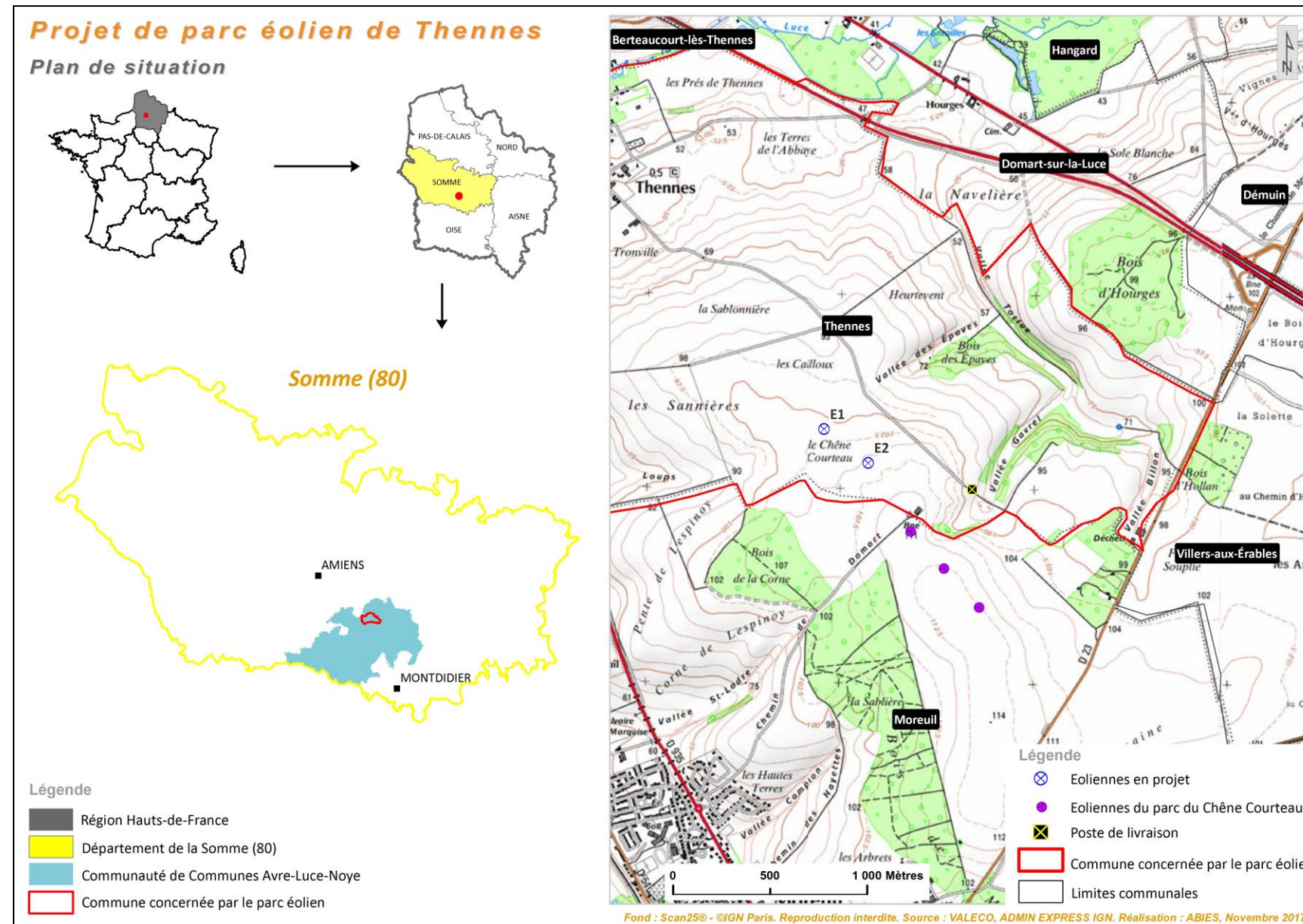


Le présent projet éolien consiste en l'implantation de deux éoliennes sur le territoire de la commune de Thennes dans le département de la Somme (80) en région Hauts-de-France. Il s'inscrit dans le prolongement des aérogénérateurs du parc autorisé du Chêne Courteau (commune de Moreuil) dont il constitue une extension.

Les éoliennes équipant le parc de Thennes auront une puissance unitaire maximale de 3,6 MW.

## 2.1 Localisation du site

La carte ci-après présente l'implantation des éoliennes de Thennes.



Carte 1 : Plan de situation du projet éolien de Thennes

Les deux aérogénérateurs du parc s'organisent selon un alignement orienté nord-ouest / sud-est. Les mâts des deux turbines sont distants de 287 m ; l'éolienne E1 est la plus au nord, l'éolienne E4, la plus au sud.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques (référentiel Lambert 93) des deux aérogénérateurs et du poste de livraison équipant le parc.

Coordonnées géographiques des éoliennes et du poste de livraison (Lambert 93)				
Équipements	X	Y	Z (altitude du terrain en m)	Commune d'implantation
Éolienne 1 (E1)	663 120,18	6 966 834,665	99	Thennes
Éolienne 2 (E2)	663 348,219	6 966 660,667	104	
Poste de livraison (PDL)	663 882,072	6 966 526,203	95	

Tableau 1 : Coordonnées des équipements du projet éolien de Thennes (Source : VALECO)

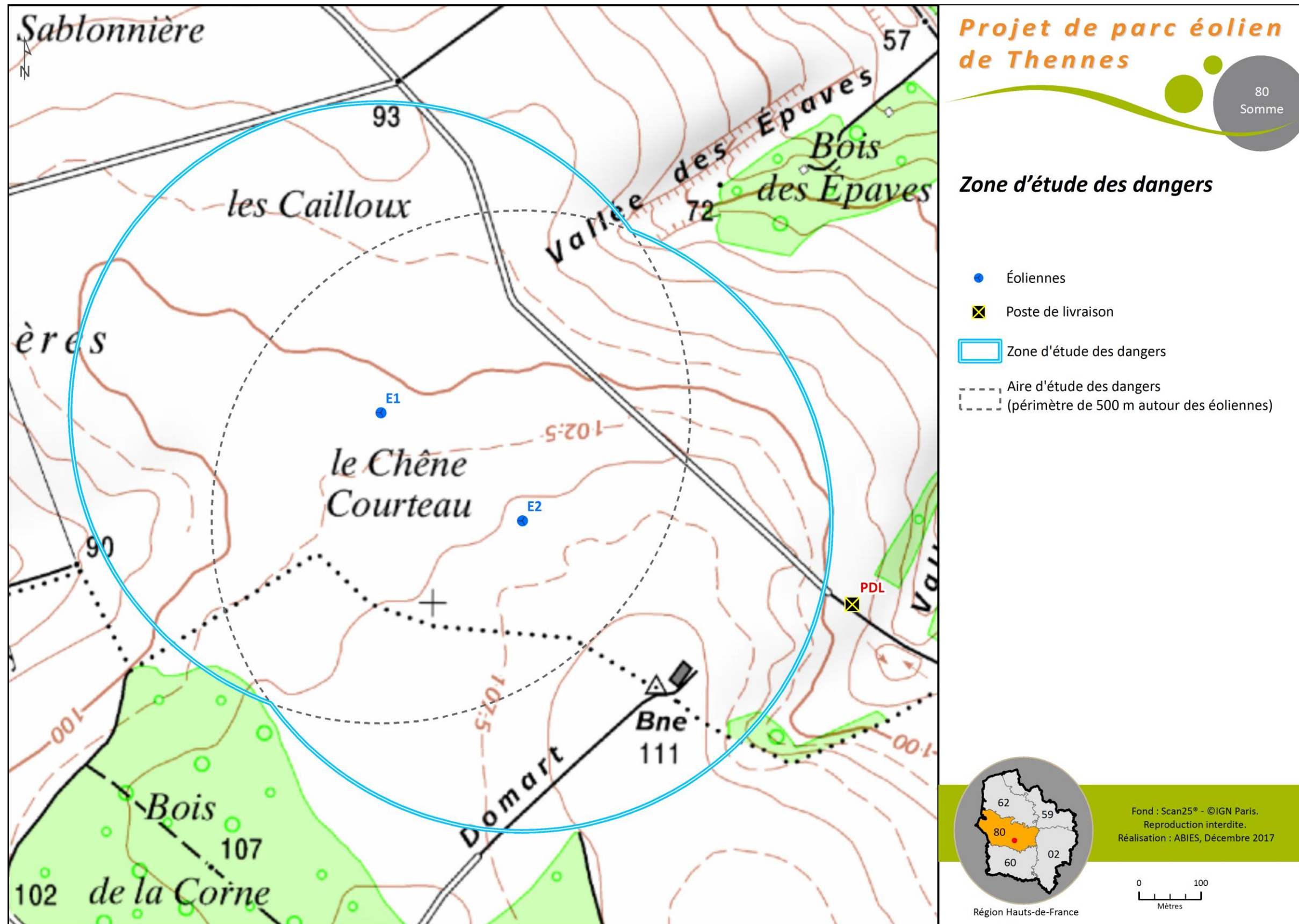
## 2.2 Définition de la zone d'étude

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers, dite zone d'étude des dangers, est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

L'INERIS propose que chaque aire d'étude corresponde à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

Conformément à ces préconisations, il a été appliqué un rayon de 500 mètres autour de chaque mât des deux éoliennes en projet. Les aires d'étude de dangers de ces éoliennes se superposent partiellement. L'ensemble formé constitue la zone d'étude des dangers qui s'inscrit sur les territoires communaux de Thennes et de Moreuil.

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



Carte 2 : Zone d'étude des dangers des éoliennes de Thennes

# 3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

3.1 Environnement humain .....	17	3.3 Environnement technologique .....	21
3.1.1 Zones urbanisées .....	17	3.4 Environnement matériel .....	22
3.1.2 Établissements Recevant du Public (ERP).....	17	3.4.1 Voies de communication.....	22
3.1.3 Autres activités .....	18	3.4.2 Circulation aérienne.....	22
3.2 Environnement naturel .....	19	3.4.3 Contraintes privées et publiques.....	23
3.2.1 Contexte climatique .....	19	3.5 Cartographie de synthèse .....	24
3.2.2 Risques naturels .....	20		





### 3.1 Environnement humain

Le site s'insère dans un contexte agricole voué aux cultures ; il est traversé par une voie communale, un chemin rural et une piste d'accès du parc éolien du Chêne Courteau.

#### 3.1.1 Zones urbanisées

Le projet de parc éolien de Thennes se situe dans un environnement peu marqué par l'habitat, principalement concentré dans les centres-bourgs et le long des axes de communication structurants (routes départementales).

La zone d'étude des dangers intercepte les territoires des communes de Thennes et Moreuil. L'occupation du sol de ces communes est régie, pour chacune, par un Plan Local d'Urbanisme (PLU).

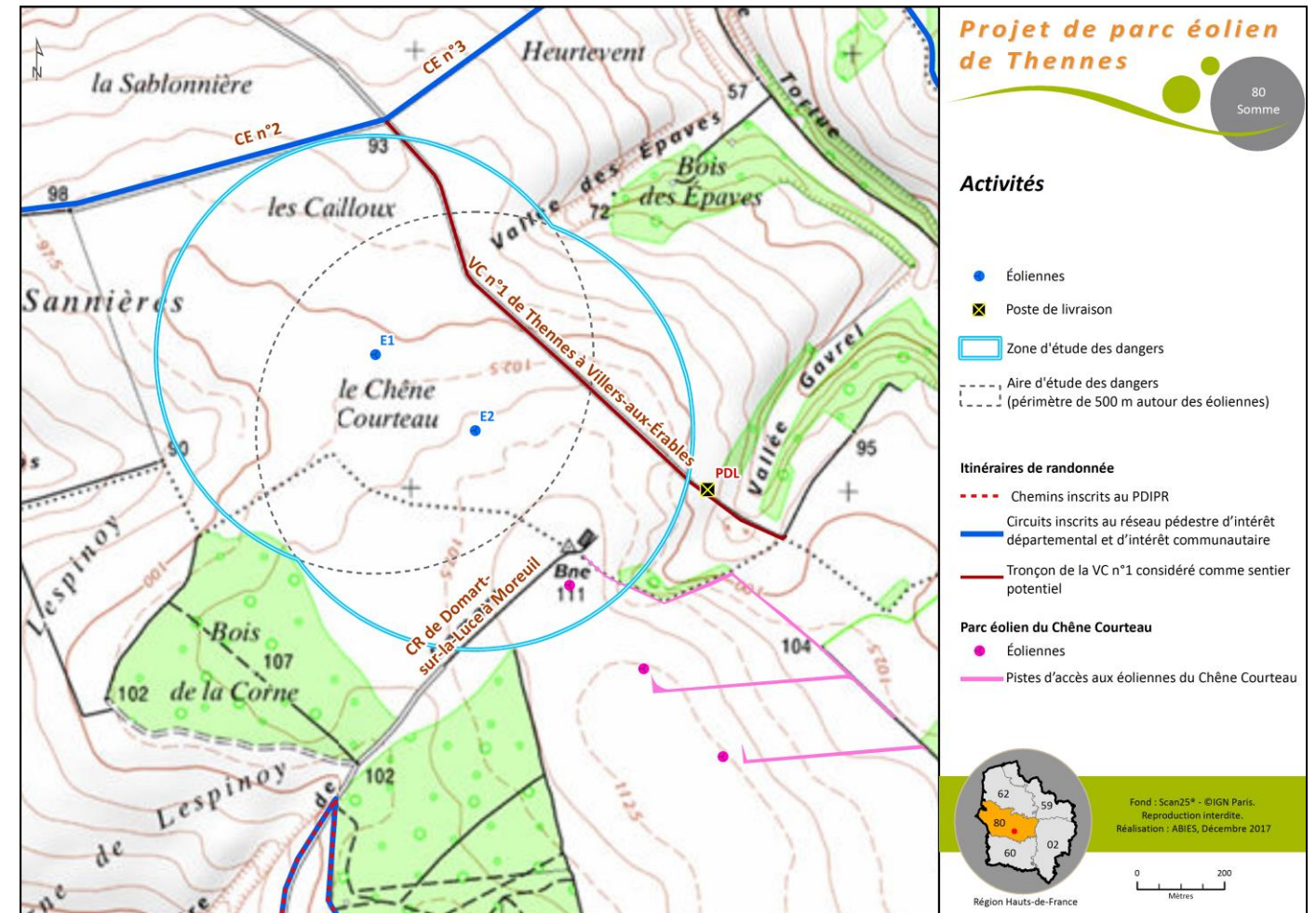
Le tableau ci-après présente, pour les deux communes précitées, les distances séparant les éoliennes (mât) en projet des plus proches habitations ou zones d'habitation définies par les documents d'urbanisme.

Commune	Population (habitants en 2013)	Règlement / Document régissant l'occupation du sol	Habitation (ou zone destinée à l'habitation) la plus proche
Thennes	478	Plan Local d'Urbanisme (PLU)	Zone U à 1 560 m au nord-ouest d'E1
Moreuil	4 026	Plan Local d'Urbanisme (PLU)	Habitations à 1 260 m sud-est d'E2

Tableau 2 : Distances d'éloignement des éoliennes vis-à-vis des plus proches habitations et zones d'habitation

Les éoliennes du projet de Thennes se situent *a minima* à 1 260 mètres de toute habitation.

**Aucune habitation ou zone destinée à l'habitation n'est présente au sein de la zone d'étude des dangers.**



Carte 3 : Localisation de l'habitat par rapport à la zone d'étude des dangers

#### 3.1.2 Établissements Recevant du Public (ERP)

Selon l'article R.123-2 du code de la construction et de l'habitation, « *constituent des établissements recevant du public tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non. Sont considérées comme faisant partie du public toutes les personnes admises dans l'établissement à quelque titre que ce soit en plus du personnel.* ».

Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants, etc. que ce soient des structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables).

La majorité des établissements recensés sur le territoire des communes concernées par la zone d'étude des dangers se situe en centres-bourgs (mairies, églises, commerces, gîtes, etc.). Aucun ERP n'est présent au sein de la zone d'étude des dangers

**Aucun établissement recevant du public n'est recensé au sein de la zone d'étude des dangers.**

### 3.1.3 Autres activités

La zone d'étude des dangers s'insère dans un milieu agricole (cultures) et elle est traversée et desservie par deux routes locales : la voie communale n°1 (VC n°1) de Thennes à Villers-aux-Érables (linéaire de 1 045 m) et le chemin rural de Domart-sur-la-Luce à Moreuil (linéaire de 385 m).

Aucun de ces axes n'est inscrit comme sentier de randonnée. Néanmoins, la limite nord de la zone d'étude des dangers borde deux routes, les chemins d'exploitation n°2 et n°3, inscrits au réseau pédestre d'intérêt départemental et d'intérêt communautaire. Compte tenu de la connexion de ces axes avec la VC n°1 de Thennes à Villers-aux-Érables (Cf. carte suivante), route utilisée pour la desserte des éoliennes, il est possible que les promeneurs et curieux arpentant les chemins de randonnée précités empruntent la VC n°1 afin de voir les aérogénérateurs de Thennes de plus près. Ainsi, par mesure de précaution, la voie communale n°1 de Thennes à Villers-aux-Érables sera considérée comme un sentier de randonnée pour la suite de la présente étude.

Concernant la fréquentation des sentiers de randonnée du secteur, aucune donnée n'est disponible ; il a donc été décidé d'appliquer la valeur moyenne de fréquentation constatée sur les sentiers de randonnée du département de la Somme, à savoir 124,6 promeneurs/randonneurs par tranche de 1 000 km (Source : Observatoire des chemins<sup>1</sup>).

Outre l'agriculture et la randonnée, il est à noter qu'un aérogénérateur du parc éolien du Chêne Courteau et sa piste d'accès sont interceptés par la zone d'étude des dangers. Ainsi, l'entretien et la maintenance de l'éolienne est une activité qu'il est nécessaire de prendre en compte sur le site d'étude. Par ailleurs, la présence ponctuelle de public est envisageable dans le cadre d'évènements organisés autour de l'éolien (visites scolaires, journée mondiale de l'éolien, etc.).

Concernant la fréquentation des parcs éoliens :

- leur surveillance et leur gestion sont assurées à distance depuis des centres dédiés. Ainsi, l'exploitation de ces installations ne requiert pas une présence humaine permanente. Seule la maintenance des machines nécessite le déplacement de techniciens spécialisés. Leur présence sur le site est variable selon les besoins (panne, maintenance programmée, changement de composant volumineux, etc.) mais elle peut être estimée : selon un rapport publié par l'observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER)<sup>2</sup>, le secteur français de l'éolien employait, en 2015, 2 710 emplois équivalent temps plein (ETP) consacrés à l'exploitation et à la maintenance des parcs pour une puissance raccordée totale de 10 363 MW, soit 0,26 ETP pour 1 MW.

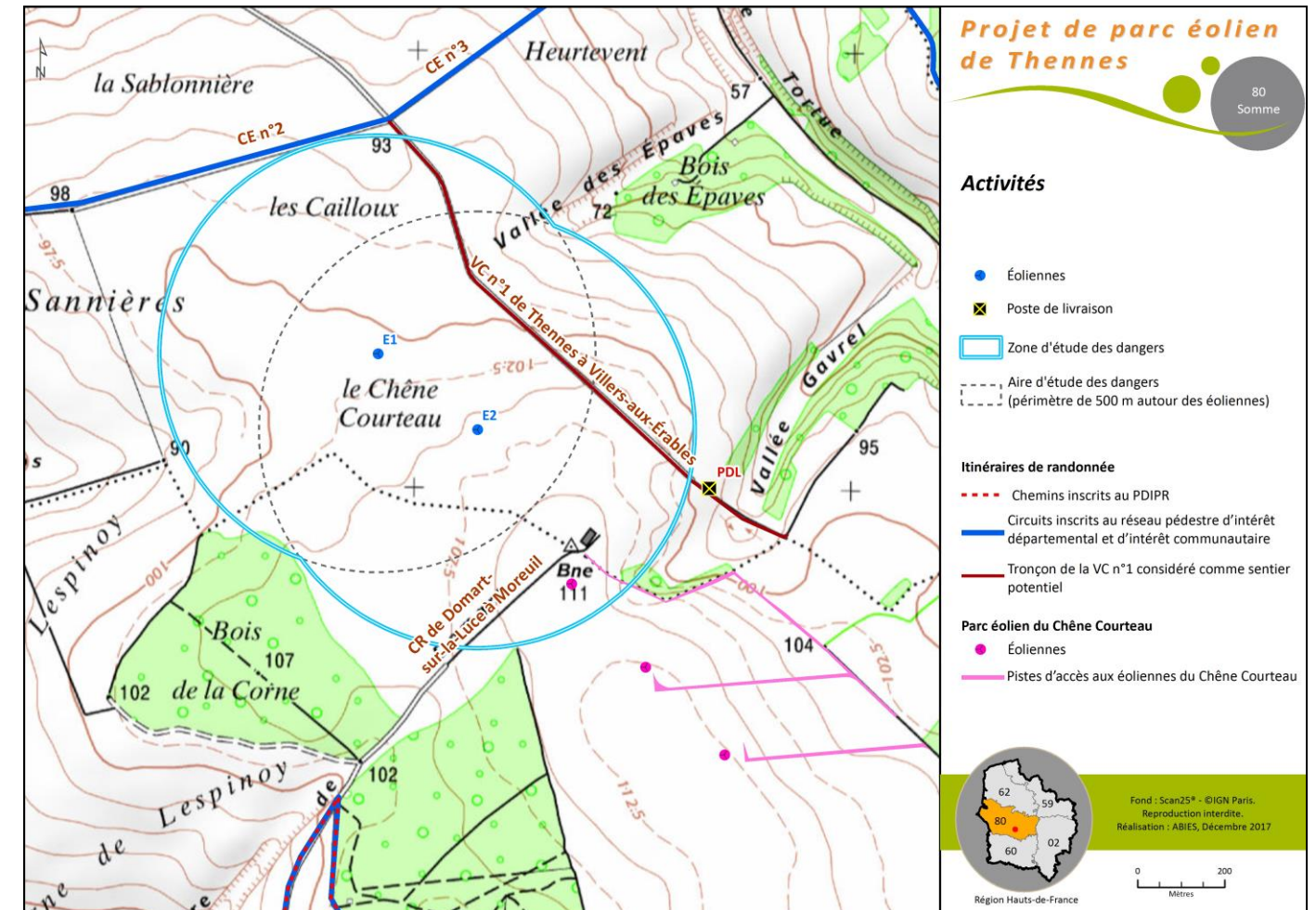
Si l'on applique cette valeur à la seule activité de maintenance, ce qui correspond donc à une hypothèse maximisante, et au parc éolien du Chêne Courteau, dont la puissance maximale est de 10,8 MW, le nombre d'emplois équivalent temps plein consacré à la maintenance du parc est de 2,81 (0,26 x 10,8). Ainsi, chaque semaine (168 h réparties sur sept jours), 2,81 personnes travaillent 35 h, ce qui correspond à un nombre de personnes permanentes présentes sur le parc de 0,58 ((2,81 x 35) / 168) ;

- pour ce qui est des évènements impliquant du public, il est possible d'estimer un scénario maximisant de 10 personnes présentes 8h chaque semaine. Suivant le même raisonnement que précédemment cela revient à 1 personne présente 80 h sur 168 possibles, soit un nombre de personnes permanentes estimé à 0,48 (80/168).

Ainsi, le nombre de personnes permanentes estimé au droit du parc du Chêne Courteau est de 1,06.

Les principaux usagers du site sont donc :

- les riverains empruntant les deux routes traversant la zone d'étude des dangers ;
- les propriétaires fonciers, les ouvriers et les exploitants des parcelles agricoles concernées ;
- les promeneurs et randonneurs empruntant potentiellement la VC n°1 ;
- les techniciens et le public fréquentant le parc éolien du Chêne Courteau.



Carte 4 : Les activités identifiées au droit de la zone d'étude des dangers

<sup>1</sup> <http://www.observatoire-chemins.org/>

<sup>2</sup> [http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/energie\\_renouvelable\\_france/Observ-ER-Barometre-Electrique-2016-Chap-02-Eolien.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/energie_renouvelable_france/Observ-ER-Barometre-Electrique-2016-Chap-02-Eolien.pdf)

## 3.2 Environnement naturel

### 3.2.1 Contexte climatique

#### 3.2.1.1 Vents violents

Les vents extrêmement violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute ou de pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales.

La SARL Parc éolien de Thennes mène des investigations sur le potentiel éolien local. Pour ce faire, elle s'est appuyée sur les données de vent renseignées dans le Schéma Régional Éolien (SRE) de Picardie couplées à celles fournies par la société Vortex (<http://www.vortexfdc.com>) qui a notamment pour spécialité l'accompagnement des professionnels de l'éolien dans le choix des sites d'implantation de leurs projets en fonction des caractéristiques de vent.

Le secteur étudié présente des vents de 6,5 m/s de moyenne à 100 m de hauteur.

La rose des énergies présentée ci-après met en évidence, au droit du site de Thennes, un potentiel éolien des vents particulièrement intéressant sur les secteurs ouest à sud-sud-ouest.



Illustration 1 : Rose des énergies (Source : Vortex)

Le tableau suivant présente les informations climatologiques sur les vents violents enregistrés à 10 m de hauteur par Météo-France à la station d'Amiens-Glisy, à environ 9 km au nord-ouest du site éolien.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Rafale maximale de vent (m/s)	33,0	33,0	27,5	27,0	26,0	24,0	23,5	22,5	23,0	30,0	27,0	37,0	37,0
Date (jour - année)	25-1990	28-1990	01-2008	04-1994	02-2003	04-1994	31-2008	13-2008	13-1996	27-2002	11-1992	17-2004	2004

Tableau 3 : Rafales de vent enregistrées sur la station d'Amiens-Glisy sur la période de 1988-2017 à 10 m de hauteur (Source : Météo France)

La rafale de vent la plus violente enregistrée a atteint 37,0 m/s soit 133,2 km/h, le 17 décembre 2004.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
>= 16 m/s	7,1	6,4	5,4	3,5	2,7	1,6	1,5	1,3	2,0	3,5	3,9	4,8	43,7
>= 28 m/s	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,8

Tableau 4 : Nombre de jours moyen avec des rafales de vent supérieures à 16 et 28 m/s à 10 m de hauteur sur la période 1988 - 2010 (Source : Météo France)

Le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 57,6 km/h (16 m/s), à 10 m de hauteur, est de 43,7 par an et le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 100,8 km/h (28 m/s) est inférieur à 1 jour par an.

Il est à rappeler que les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes avec le respect de la norme IEC 61400. Les éoliennes qui seront sélectionnées pour le projet de Thennes disposent de la certification IEC 61400.

**Le vent est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Thennes.**

#### 3.2.1.2 Pluviométrie

Le tableau suivant résume les principales données pluviométriques disponibles. Ces données ont été enregistrées entre 1987 et 2010 pour les hauteurs mensuelles moyennes et entre janvier 1987 et août 2017 pour les hauteurs quotidiennes maximales (valeurs en millimètres).

Précipitations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Hauteur mensuelle moyenne	47,1	47,1	46,9	44,3	48,4	55,2	61	55,6	44,5	59,2	58,2	63,7	631,2
Maxi quotidien absolu	24	28,2	29,2	25,2	53,4	55,8	56	65,7	49	27,4	37,4	42,4	65,7

Tableau 5 : Données pluviométriques enregistrées sur la station d'Amiens-Glisy (Source : Météo France)

Chaque année, il tombe en moyenne 631 mm de pluie à Amiens ; le secteur est donc relativement peu arrosé en comparaison du territoire métropolitain dont la moyenne des précipitations annuelles s'élève à 889 mm.

Les pluies tombent tout au long de l'année (en moyenne un jour sur trois) avec une activité maximale constatée en été et à l'automne. La saisonnalité des précipitations est toutefois peu marquée puisqu'il tombe seulement 19,4 mm de pluie en plus entre le mois le plus sec et le mois le plus arrosé : 44,3 mm en avril et 63,7 mm en décembre.

Concernant les événements exceptionnels, la pluviométrie maximale enregistrée sur 24 heures a été de 65,7 mm ; elle correspond à un fort épisode orageux survenu le 7 août 2008.

**Les précipitations sont retenues comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Thennes.**

#### 3.2.1.3 Périodes de gel et de neige

Au cours de journées neigeuses et en l'absence de vent, la neige ou la glace peut s'accumuler sur les pales des éoliennes. Dès lors, au démarrage, la rotation des pales peut entraîner une projection de neige ou de glace à terre.

Les informations climatologiques sur les périodes de gel et les périodes neigeuses sont présentées dans le tableau suivant. Les données sur le gel correspondent à la période 1988-2010 ; celles sur la neige, non renseignées par la station d'Amiens-Glisy, proviennent des enregistrements de la station de Beauvais-Tillé sur la période 1981-2010 :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Températures minimales inférieures à -5°C	2,8	1,7	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,7	2,3	7,8
Températures minimales inférieures à 0°C	11,1	9,7	5,9	3,2	0,1	0	0	0	0	1,5	5,7	11,8	49,0
Neige	3,6	4,3	1,9	0,8	0	0	0	0	0	0	1,1	2,6	14,3

Tableau 6 : Nombre moyen de jours de gel et de neige enregistrés (Source : Météo France)

Ainsi, sur le secteur étudié, on observe en moyenne :

- 7,8 jours avec une température minimale inférieure à  $-5^{\circ}\text{C}$  ;
- 49 jours avec une température minimale inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  ;
- 14,3 jours de neige.

**Remarque** : il peut également se produire un phénomène de formation de givre sur les pales, sous certaines conditions concomitantes d'humidité et de température. Ces données ne sont toutefois pas renseignées par les services de Météo France.

**La combinaison du phénomène neigeux et des périodes de gel est retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Thennes.**

## 3.2.2 Risques naturels

### 3.2.2.1 Foudre

Une éolienne étant par définition une construction d'une hauteur importante érigée sur une surface dégagée, la possibilité d'un foudroiement n'est pas à exclure au cours de son utilisation. Une telle éventualité est particulièrement sensible lorsque des pales en fibres de carbone sont utilisées, en raison de la forte conductivité électrique de ce matériau. Aujourd'hui la quasi-totalité des pales d'éoliennes sont constituées en fibres de verre.

Les dangers liés à la foudre sont :

- les effets thermiques pouvant être à l'origine :
  - d'un incendie ou d'une explosion, soit au point d'impact, soit par l'énergie véhiculée par les courants de circulation conduits ou induits ;
  - de dommages aux structures et construction ;
- les perturbations électromagnétiques pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et/ou de sécurité ;
- les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.

Pour la commune de Thennes, les statistiques de foudroiement sont les suivantes (source : site internet Météorage) : 1,10 impact/km<sup>2</sup>/an (contre 1,12 pour la moyenne française).

**La foudre est retenue comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Thennes.**

### 3.2.2.2 Inondations

De fortes précipitations peuvent entraîner une inondation ayant pour conséquence une fragilisation des fondations et une détérioration des installations électriques. Un risque d'emballage de l'éolienne, voire la chute de celle-ci, n'est pas à exclure en cas d'endommagement des systèmes de sécurité et de régulation.

**Le parc éolien de Thennes et la zone d'étude des dangers associée ne sont concernés par aucun périmètre de zone inondable en lien avec un phénomène de crue.** L'enjeu relatif au risque d'inondation y est donc jugé négligeable.

**Le risque d'inondation n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Thennes.**

### 3.2.2.3 Tempêtes

Le risque de tempête n'est pas identifié comme un risque majeur sur les communes de la zone d'étude des dangers.

**Le risque de tempêtes n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Thennes.**

### 3.2.2.4 Remontée de nappes

Les dangers associés au risque de remontées des nappes sont identiques aux dangers liés au phénomène d'inondation (cf. supra).

La base de données Géorisques a été consultée afin de vérifier s'il existait un aléa remontée de nappes sur la zone d'étude des dangers du projet éolien de Thennes.

La zone d'étude des dangers se situe sur un secteur de sensibilité « très faible à inexistant ».

**Le risque d'inondation en lien avec un phénomène de remontées de nappes n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien, et ce en raison d'une sensibilité à l'aléa « très faible à inexistant ».**

### 3.2.2.5 Mouvements de terrains

Le risque de mouvement de terrain peut être à l'origine d'une chute d'éolienne. Des études géotechniques sont classiquement réalisées avant la construction d'un parc éolien pour s'assurer du bon dimensionnement des fondations en fonction de la nature du sol et du sous-sol.

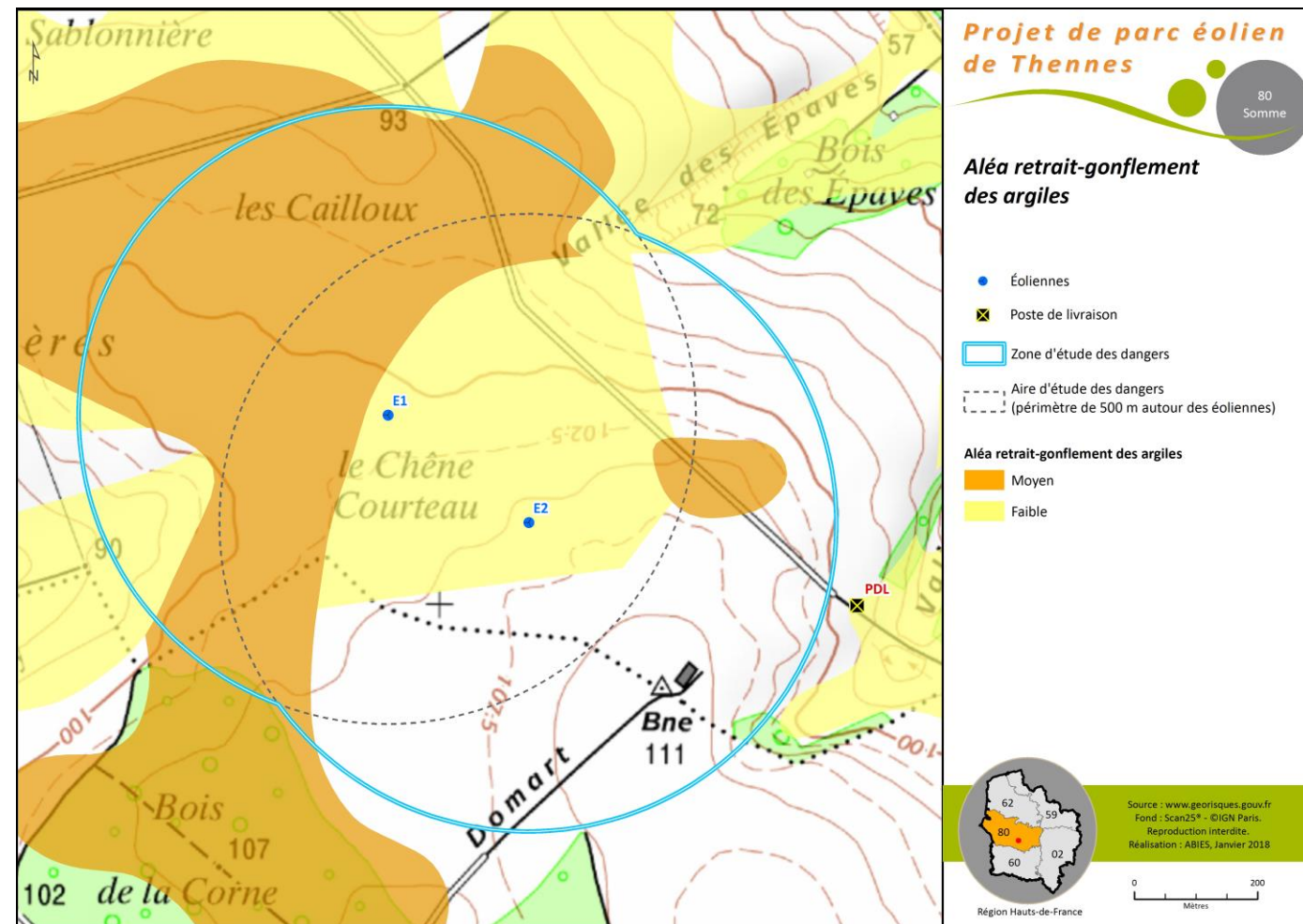
Le terme mouvement de terrain regroupe plusieurs types de phénomènes bien différents : les affaissements, les effondrements, les éboulements, les chutes de pierres et de blocs, les glissements de terrain, le retrait-gonflement des sols argileux, etc. Ces mouvements, plus ou moins rapides, du sol et de sous-sol interviennent sous l'effet de facteurs naturels divers comme de fortes précipitations, une alternance de gel et dégel, des températures très élevées ou sous l'effet d'activités humaines touchant aux terrains comme le déboisement, l'exploitation de matériaux ou les travaux de terrassement.

#### L'aléa retrait-gonflement des argiles :

Un matériau argileux voit sa consistance se modifier en fonction de sa teneur en eau : dur et cassant lorsqu'il est desséché, il devient plastique et malléable à partir d'un certain niveau d'humidité. Ces modifications de consistance s'accompagnent de variations de volume, dont l'amplitude peut être parfois spectaculaire.

En climat tempéré, les terrains argileux sont souvent proches de leur état de saturation, si bien que leur potentiel de gonflement est relativement limité. En revanche, ils sont souvent éloignés de leur limite de retrait, ce qui explique que les mouvements les plus importants sont observés en période sèche. La tranche la plus superficielle de sol, sur 1 à 2 m de profondeur, est alors soumise à l'évaporation. Il en résulte un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement, pouvant être à l'origine de mouvements de terrains lents, et horizontalement par l'ouverture de fissures, classiquement observées dans les fonds de mares qui s'assèchent. L'amplitude de ce tassement est d'autant plus importante que la couche de sol argileux concernée est épaisse et qu'elle est riche en minéraux gonflants.

Selon les données de la base en ligne Géorisques, le territoire de la zone d'étude des dangers concerne un secteur sur lequel l'aléa retrait-gonflement des argiles est « nul » à « moyen ». Les éoliennes de Thennes sont implantées en secteur d'aléa faible.



Carte 5 : L'aléa retrait-gonflement des argiles au droit de la zone d'étude des dangers

**Les cavités souterraines :**

L'évolution des cavités souterraines naturelles (dissolution des roches calcaire) ou artificielles (carrières et ouvrages souterrains hors mine, marnières) peut entraîner l'effondrement du toit de la cavité et provoquer en surface une dépression généralement de forme circulaire (dolines).

La base de données en ligne « Géorisques » ne recense aucune cavité souterraine sur le secteur de Thennes concerné par la zone d'étude des dangers. Pour ce qui est de la commune de Moreuil, certaines cavités recensées ne sont pas localisées ; ainsi, il est possible que le territoire de la zone d'étude des dangers inscrit sur cette commune renferme une ou plusieurs cavités. Il est à noter toutefois que les éoliennes du projet sont uniquement implantées sur le territoire de Thennes, à près de 185 m des limites de Moreuil.

**Bien que les parcelles d'implantation des deux éoliennes s'inscrivent en zones de sensibilité faible au risque de mouvement de terrains, celui-ci est retenu à titre conservatoire comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Thennes, et ce en raison de cavités identifiées mais non localisées sur la commune mitoyenne de Moreuil.**

### 3.2.2.6 Séismes

La présence de la nacelle et du rotor au sommet du mât des éoliennes rend ces installations vulnérables aux séismes compte tenu de la masse qu'elles représentent (plusieurs centaines de tonnes).

Un tel évènement pourrait conduire à la chute de l'éolienne. Les machines doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur.

La France dispose d'un zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R.563-1 à R.563-8 du code de l'environnement modifiés par les décrets n°2010-1254 du 22 octobre 2010 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible) ;
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Les communes de Thennes et de Moreuil se situent en zone de sismicité très faible (zone 1). Il est à noter qu'au sein d'un parc éolien, les aérogénérateurs et les postes de livraison ne sont soumis à aucune règle de construction parasismique.

**Compte tenu de l'enjeu très faible qu'il représente, le risque sismique n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Thennes.**

### 3.2.2.7 Feux de forêts

Ce risque n'est pas identifié au droit de la zone d'étude des dangers.

**Le risque de feux de forêts n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les installations du parc éolien de Thennes.**

## 3.3 Environnement technologique

La consultation du Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de la Somme, édition de septembre 2017, met en évidence l'existence, sur le territoire de Thennes, d'un risque technologique majeur : le Transport de Marchandises Dangereuses (TMD). Cette exposition est justifiée par :

- la présence de routes sur le territoire communal. Le DDRM précise toutefois qu'il « constitue un risque diffus présent sur l'ensemble du département et notamment sur le réseau autoroutier et plus particulièrement sur l'autoroute A1 ». Il est à noter qu'aucune autoroute ne traverse la zone d'étude des dangers. De plus, les deux seuls axes traversant ce périmètre correspondent à des voies de desserte locale peu fréquentées et distantes de 240 m et 350 m au plus près des éoliennes. Ainsi, compte tenu de l'éloignement des aérogénérateurs, un incident en lien avec le risque de TMD sur ces routes aurait peu de chances d'avoir des conséquences sur les éoliennes de Thennes ;
- une canalisation de gaz haute pression éloignée de près de 880 m au nord des limites de la zone d'études des dangers. Au vu de cette distance, aucune interaction n'est attendue avec les éoliennes de Thennes en cas d'accident sur cette infrastructure.

Concernant le territoire de Moreuil, aucun risque technologique majeur n'est identifié.

Outre les risques majeurs, l'analyse de l'environnement technologique du site requiert un recensement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) classées SEVESO susceptibles d'être présentes au sein de la zone d'étude des dangers. Cette analyse s'appuie sur la base de données en ligne <http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/> du Ministère de l'écologie qui répertorie les différentes installations en France. Il est à noter que depuis l'arrêté ICPE du 15 août 2012, les éoliennes sont considérées comme des ICPE non SEVESO. Par ailleurs, selon l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, les aérogénérateurs doivent être éloignés d'une distance minimale de « 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n°2009-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables ».

Aucune ICPE classée SEVESO n'est identifiée au sein de la zone d'étude des dangers et donc dans un rayon de 300 m autour des éoliennes de Thennes. Il est toutefois à noter qu'une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement non SEVESO est présente au sein de la zone d'étude des dangers ; il s'agit du parc éolien du Chêne Courteau, dont l'aérogénérateur le plus au nord est distant de près de 410 m de l'éolienne de Thennes la plus proche (E2). Enfin, aucune installation nucléaire de base n'est présente au sein de la zone d'étude des dangers.

Compte tenu de l'absence d'installations SEVESO ou d'installations nucléaires de base au sein de la zone d'étude des dangers, la proximité d'ICPE n'est pas retenue comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Thennes.

### 3.4 Environnement matériel

#### 3.4.1 Voies de communication

Autoroutes, routes nationales et départementales

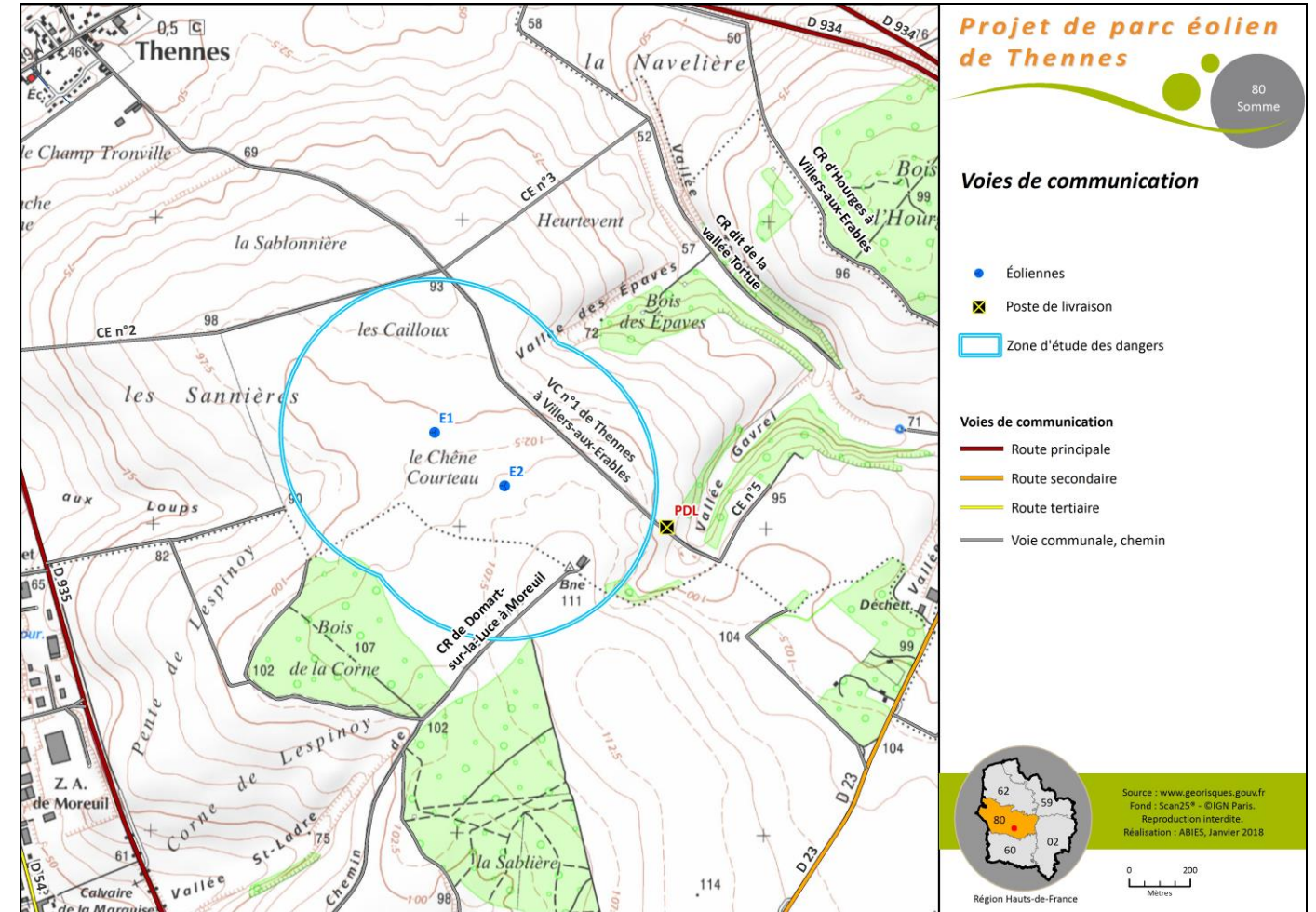
Aucun axe d'importance tel qu'une autoroute, route nationale ou route départementale ne traverse la zone d'étude des dangers.

Autres routes

Comme indiqué précédemment, la zone d'étude des dangers est concernée par deux routes : la voie communale n° 1 (VC n° 1) de Thennes à Villers-aux-Érables (linéaire de 1 045 m) et le chemin rural de Domart-sur-la-Luce à Moreuil (linéaire de 385 m). L'axe le plus proche d'un des aérogénérateurs du parc, hors-pistes de desserte des éoliennes de Thennes, est la voie communale n° 1, distante de 240 m du mât de l'éolienne E2.

Conformément aux dispositions du chapitre 7.3.1 de la présente étude, les voies de circulation implantées à moins de 200 m d'une éolienne constituent « un agresseur potentiel ». Compte tenu de la distance séparant l'axe le plus proche (240 m), le risque de collision d'une tour d'éolienne suite à une sortie de route n'est pas envisageable.

Aucune voie ferrée n'est présente à l'intérieur ou à proximité de la zone d'étude des dangers.



Carte 6 : Voies de communication

La circulation des véhicules n'est pas retenue comme source potentielle de dangers.

#### 3.4.2 Circulation aérienne

Dans le cadre de la réalisation de la présente étude de dangers, les services de l'Armée de l'air ont été consultés par courrier au mois de juillet 2017 afin de savoir si le site d'implantation du projet de Thennes était concerné par d'éventuelles servitudes en lien avec les activités de la Défense. À la date de dépôt du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE), aucune réponse n'avait été reçue par le maître d'ouvrage du projet.

Concernant l'aviation civile, la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC) ne veut plus être sollicitée lors de la phase de rédaction des DDAE. Ainsi, à l'instar de l'Armée de l'air, l'identification d'éventuelles servitudes en lien avec les activités de cet organisme n'a pu être réalisée.

Il est à noter que, comme l'impose la législation, l'Armée de l'air et la DSAC seront consultées lors de l'instruction du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale dont l'étude de dangers est l'une des pièces. Leurs avis concernant le projet mettra alors en lumière la présence ou l'absence de servitudes aéronautique et, en cas de présence avérée, la compatibilité du projet avec celles-ci.

Compte tenu de l'absence de données, l'activité aéronautique est retenue à titre conservatoire comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Thennes.

### 3.4.3 Contraintes privées et publiques

#### 3.4.3.1 Gaz

Aucune canalisation de transport de gaz n'est identifiée au droit de la zone d'étude des dangers ; la plus proche, exploitée par GRTgaz, est implantée à environ 880 m au nord de ses limites.

#### 3.4.3.2 Électricité

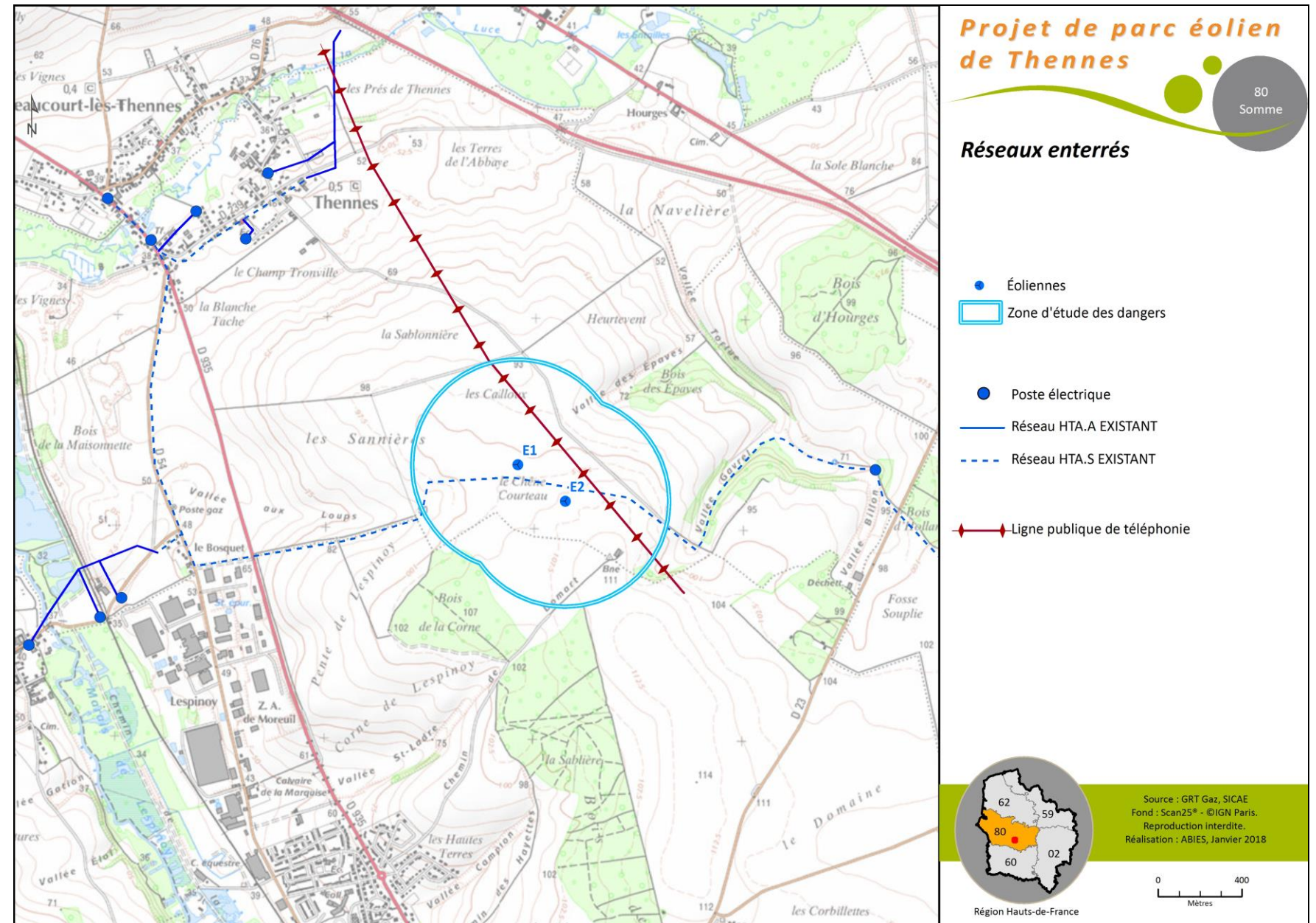
Réseau de Transport d'Électricité (RTE) indique, dans son courrier électronique du 19 juillet 2017, qu'aucun des ouvrages à Haute et Très Haute Tension qu'il exploite ne se trouve sur le site d'implantation du projet. La consultation de la base de données en ligne Cartélie confirme ce constat sur l'ensemble de la zone d'étude des dangers.

Dans son courrier du 28 août 2017, le concessionnaire du réseau de distribution d'électricité local SICAÉ (Société coopérative d'Intérêt Collectif Agricole d'Électricité) souligne l'existence de lignes électriques souterraines moyenne tension 20 000 V sillonnant à 60 m au plus près au sud de l'éolienne E1 et à 65 m au nord de l'éolienne E2. Ce linéaire traverse la zone d'étude des dangers sur près de 1 325 m.

#### 3.4.3.3 Téléphonie

Le plan des servitudes du Plan Local d'Urbanisme de Thennes fait état de la présence d'une ligne publique de téléphonie souterraine traversant la zone d'étude des dangers suivant un axe nord-ouest - sud-est sur environ 1 210 m. Bien qu'identifiée, cette ligne ne sera pas intégrée à la présente analyse compte tenu de l'absence d'enjeu au regard de la santé et de sécurité humaine.

La carte suivante permet de visualiser les réseaux électriques et de téléphonie enterrés au regard de la zone d'étude des dangers.



Carte 7 : Les réseaux enterrés identifiés au droit de la zone d'étude des dangers

Le caractère souterrain de ces réseaux limite grandement tout risque d'interaction entre ces derniers et les aérogénérateurs lors de l'exploitation du parc éolien.

#### 3.4.3.4 Hydrocarbures et produits chimiques

La consultation en ligne de la « Cartographie interactive des canalisations de transport en France » (application CARTELIE) met en évidence l'absence de canalisations de transport d'hydrocarbures ou de produits chimiques au sein de la zone d'étude des dangers.

Compte tenu de l'enfouissement des lignes électriques 20 000 V identifiées au sein de la zone d'étude des dangers, les réseaux d'électricité ne sont pas retenus comme source potentielle de dangers pour le parc éolien de Thennes.

Pour rappel, la ligne publique de téléphonie souterraine traversant également le territoire de la zone d'étude des dangers n'est pas intégrée à la présente analyse compte tenu de l'absence d'enjeu au regard de la santé et de sécurité humaine.

## 3.5 Cartographie de synthèse

L'analyse de l'environnement de la zone d'études a permis de définir :

- ❖ les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis des installations (agresseurs potentiels) :

	Potentiel de dangers	Phénomènes dangereux maximum associés	
Environnement naturel	Vents violents	Chute de l'éolienne	Retenu
	Précipitations	Chute de l'éolienne	Retenu
	Périodes de gel et de neige	Formation de givre ou de glace	Retenu
	Foudre	Incendie de la nacelle	Retenu
	Inondation	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Tempête	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Remontée des nappes	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Mouvements de terrain	Chute de l'éolienne	Retenu
	Séisme	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Feux de forêt	Chute de l'éolienne	Non retenu
Environnement technologique/matériel	Risque industriel (ICPE SEVESO et INB)	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Voies de circulation	Collision avec une éolienne	Non retenu
	Aviation	Collision avec une éolienne	Retenu
	Ligne électrique/Conduites de gaz/Hydrocarbures et produits chimiques	Incendie/Chute d'une éolienne	Non retenu

Tableau 7 : Potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour le parc éolien de Thennes

- ❖ les principaux intérêts à protéger ou enjeux :

- les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles) ;
- les voies de communications non structurantes (voie communale n°1 de Thennes à Villers-aux-Érables et chemin rural de Domart-sur-a-Luce à Moreuil). À ce titre, les pistes d'accès aux éoliennes ainsi que les plateformes prolongeant leurs tracés jusqu'au pied des machines sont également considérées ;
- les sentiers de randonnée : voie communale n°1 de Thennes à Villers-aux-Érables ;
- le parc éolien du Chêne Courteau.

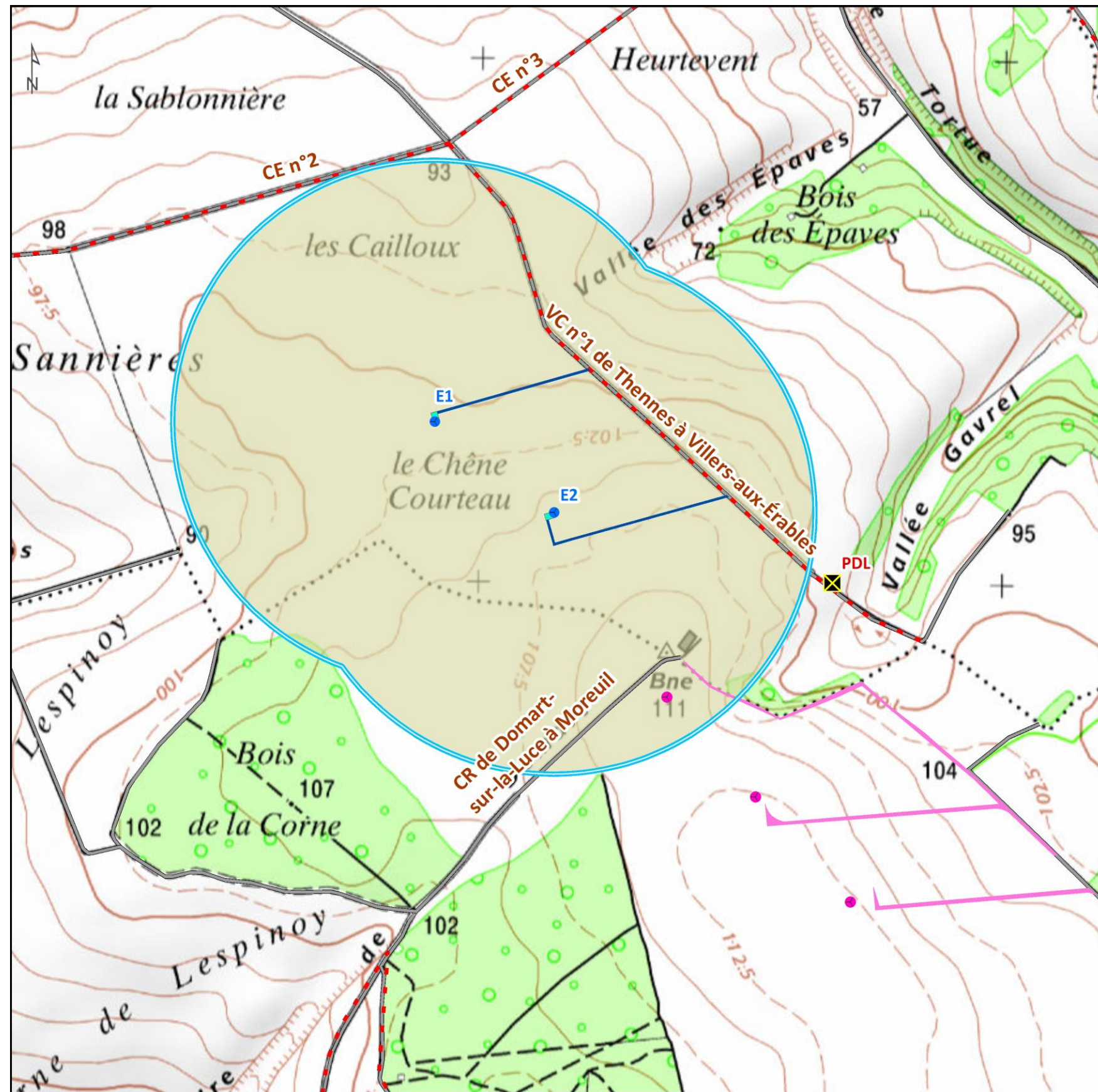
En se basant sur la méthode de comptage des personnes exposées, nous retiendrons :

- sur les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches) : une exposition d'une personne pour 100 ha ;
- sur les voies de circulations non structurantes (trafic inférieur à 2 000 véhicules/jour) : une exposition d'une personne pour 10 ha. La largeur retenue de ces voies sera de 5 m ;
- sur les chemins de randonnée : 124,6 personnes pour 1000 km (source : Observatoire des chemins<sup>3</sup>), soit une exposition de 0,13 personne pour 1 km ;
- au droit de l'éolienne du parc du chêne Courteau interceptée par la zone d'étude des dangers : une exposition de 1,06 personne permanente.

Les cartes ci-après identifient les enjeux de la zone d'étude des dangers pour l'ensemble du parc ainsi que pour chaque éolienne.

<sup>3</sup> Moyenne sur le département de la Somme d'après « l'Observatoire des chemins » : <http://www.observatoire-chemins.org/>. Ce résultat inclut tous les usagers : randonneurs pédestres, motards, Vététistes, exploitants agricoles et forestiers, utilisateurs de quads, de 4X4, promeneurs, cavaliers, gardes chasse et agents ONF



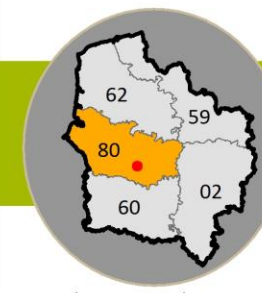


## Projet de parc éolien de Thennes

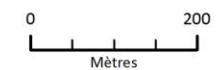
80  
Somme

### Synthèse des enjeux

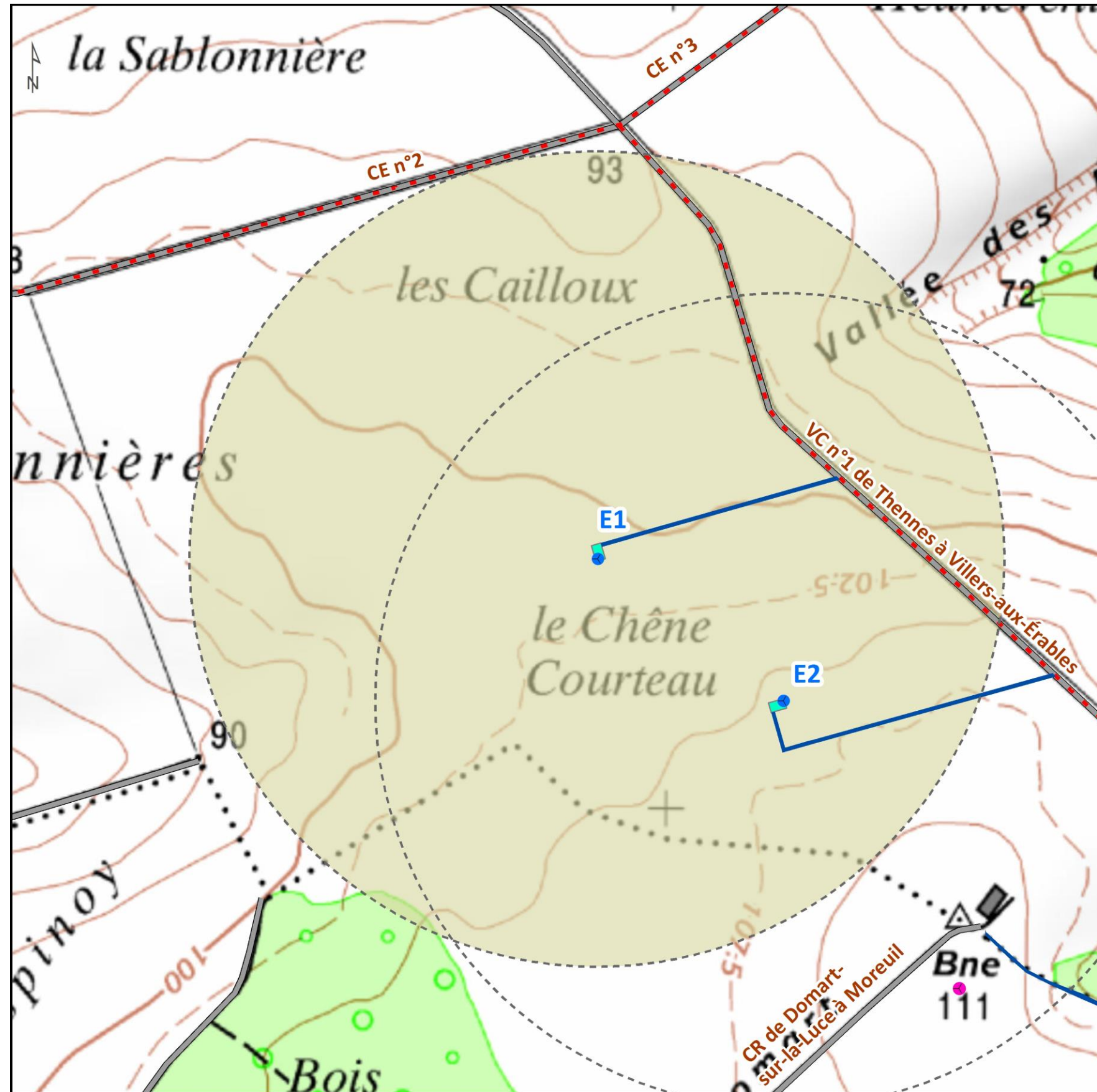
- Éoliennes
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Terrains non aménagés
- Pistes d'accès aux éoliennes
- Voie communale, chemin
- Sentiers de randonnées avérés et potentiels
- Plateformes
- Parc éolien du Chêne Courteau**
- Éoliennes
- Pistes d'accès aux éoliennes du Chêne Courteau



Fond : Scan25® - ©IGN Paris.  
Reproduction interdite.  
Réalisation : ABIÉS, Janvier 2018



Carte 8 : Cartographie de synthèse des enjeux pour le projet éolien de Thennes

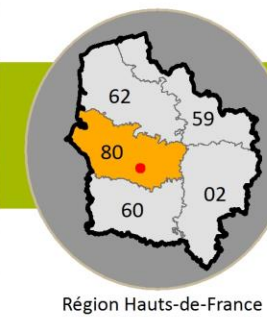


## Projet de parc éolien de Thennes

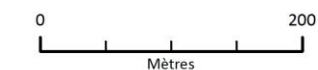
80  
Somme

### Synthèse des enjeux Eolienne E1

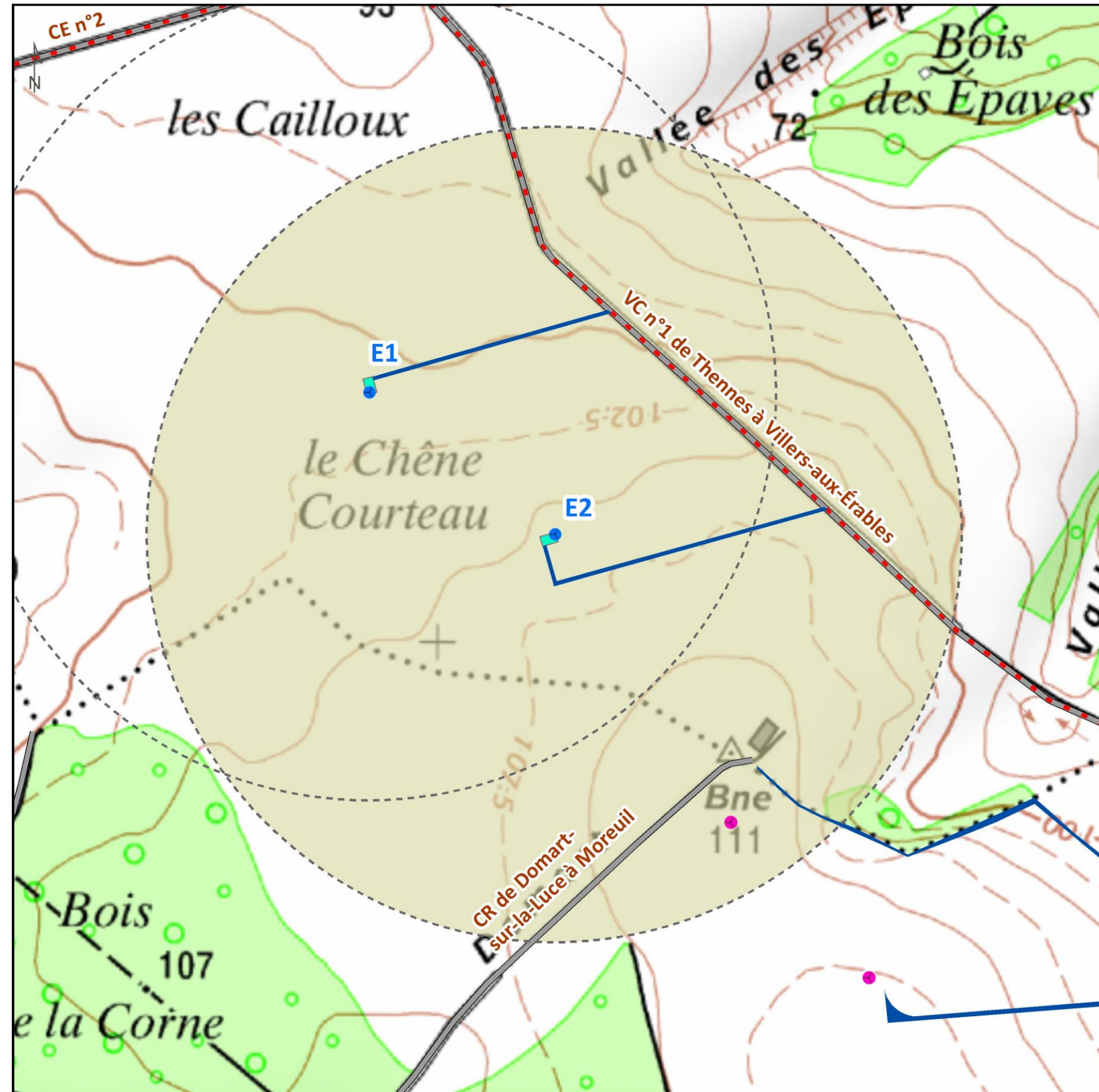
- Éoliennes
- Aires d'étude des dangers (périmètre de 500 m autour des éoliennes)
- Terrains non aménagés :  
1 personne exposée pour 100 ha
- Plateformes :  
1 personne exposée pour 10 ha
- Voies communales, chemins ruraux :  
1 personne exposée pour 10 ha
- Pistes d'accès aux éoliennes :  
1 personne exposée pour 10 ha
- Sentiers de randonnée :  
0,13 personne pour 1 km
- Éolienne du Chêne Courteau :  
1,06 personne permanente



Fond : Scan25® - ©IGN Paris.  
Reproduction interdite.  
Réalisation : ABIES, Janvier 2018



Carte 9 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'éolienne E1

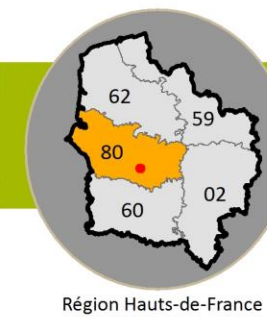


## Projet de parc éolien de Thennes

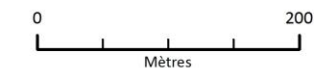
80  
Somme

### Synthèse des enjeux Eolienne E2

- Éoliennes
- Aires d'étude des dangers (périmètre de 500 m autour des éoliennes)
- Terrains non aménagés :  
1 personne exposée pour 100 ha
- Plateformes :  
 1 personne exposée pour 10 ha
- Voies communales, chemins ruraux :  
— 1 personne exposée pour 10 ha
- Pistes d'accès aux éoliennes :  
 1 personne exposée pour 10 ha
- Sentiers de randonnée :  
 0,13 personne pour 1 km
- Éolienne du Chêne Courteau :  
● 1,06 personne permanente



Fond : Scan25® - ©IGN Paris.  
Reproduction interdite.  
Réalisation : ABIES, Janvier 2018



Carte 10 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'éolienne E2



## 4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DES PROCÉDÉS DE FABRICATION

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

4.1	Caractéristiques d'un parc éolien .....	31	4.5	Chemins d'accès.....	37
4.1.1	Éléments constitutifs d'un aérogénérateur .....	31	4.6	Durée de vie et démantèlement.....	37
4.1.2	Emprise au sol.....	31	4.7	Production estimée.....	37
4.1.3	Chemins d'accès .....	32	4.8	Fonctionnement des réseaux de l'installation .....	38
4.2	Caractéristiques du parc éolien de Thennes .....	32	4.8.1	Le poste de livraison électrique .....	38
4.2.1	Activités de l'installation .....	32	4.8.2	Le réseau électrique interne .....	39
4.2.2	Situation géographique.....	32	4.8.3	Le réseau électrique externe .....	41
4.2.3	Les éoliennes choisies.....	34	4.9	La maintenance .....	41
4.3	Fonctionnement d'une éolienne.....	35	4.10	Démantèlement et remise en état du site .....	41
4.3.1	Généralités.....	35	4.11	Dispositions constructives.....	42
4.3.2	Caractéristiques techniques des éoliennes envisagées .....	35	4.11.1	Dispositions réglementaires .....	42
4.4	Aires de maintenance .....	37	4.11.2	Sécurité de l'installation.....	42



## 4.1 Caractéristiques d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes :

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

### 4.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- le **rotor** qui est composé de trois pales construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent ;
- le **mât**, généralement composé de 3 à 5 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans certaines éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique ;
- la **nacelle** qui abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - le générateur transformant l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
  - le système de freinage mécanique ;
  - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
  - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique ;
  - le transformateur si celui-ci n'est pas intégré au mât.

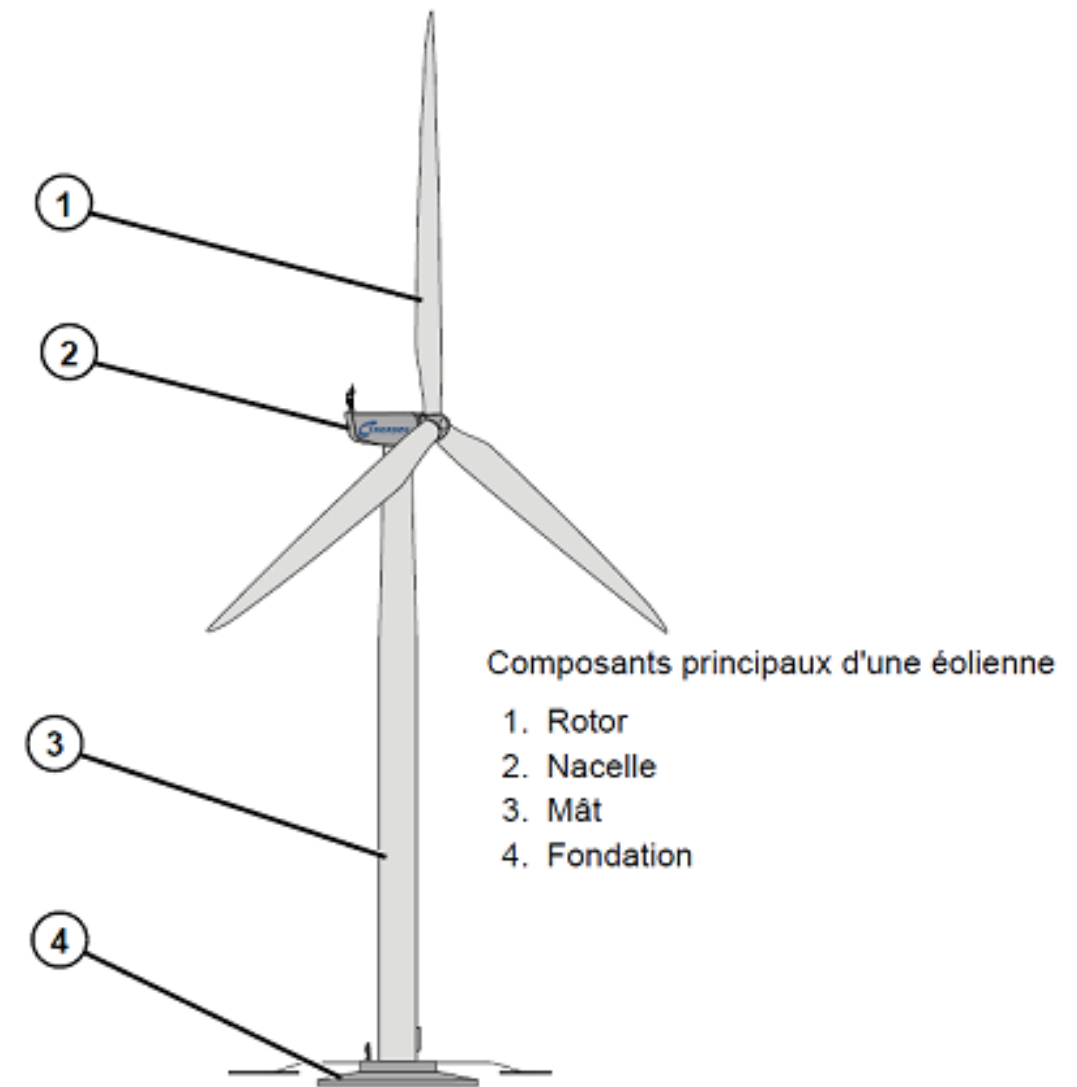


Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

### 4.1.2 Emprise au sol

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

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

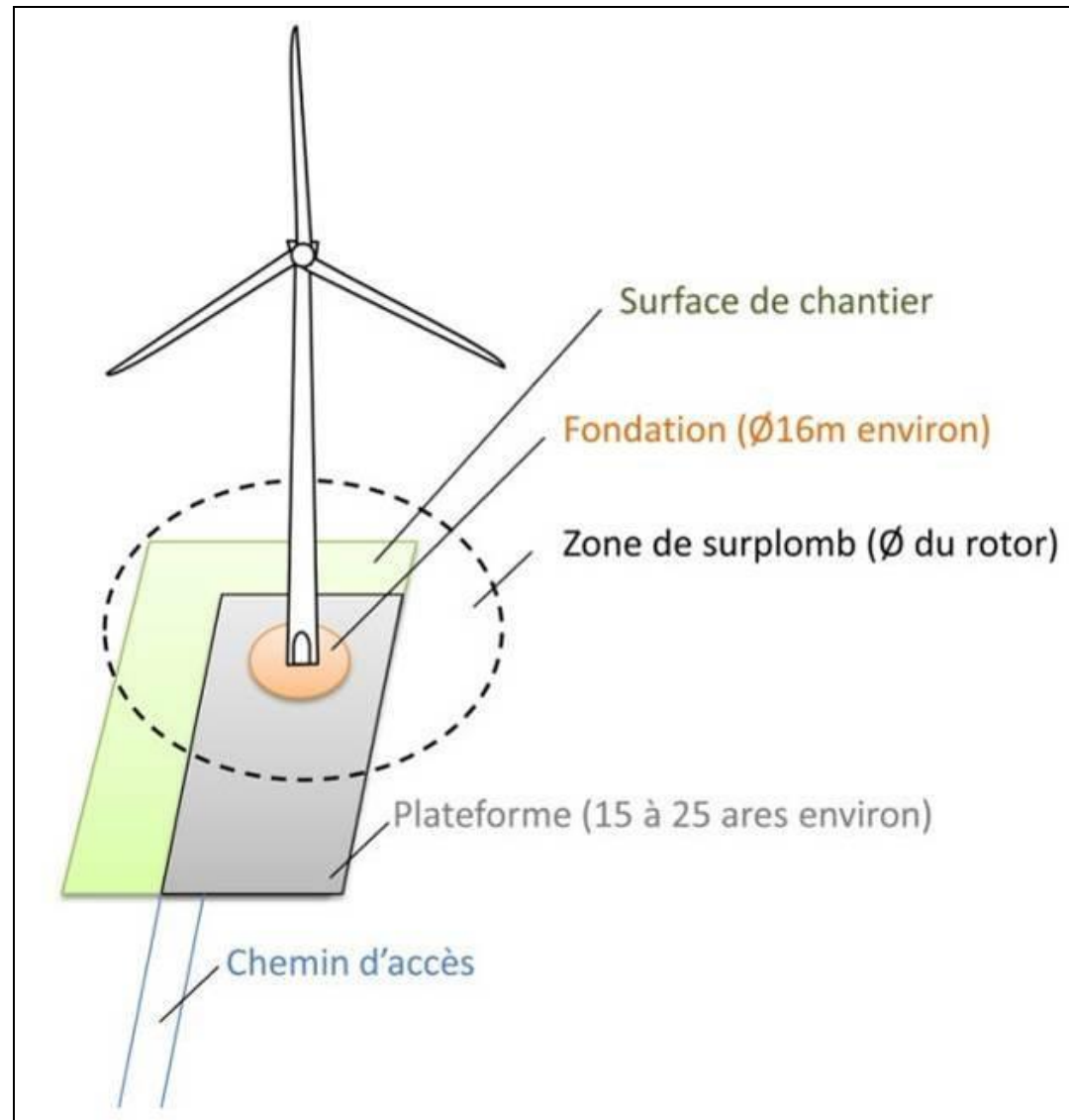


Illustration 2 : Emprises au sol d'une éolienne

### 4.1.3 Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien. Dans le cas présent, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et de leurs annexes.

Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale).

## 4.2 Caractéristiques du parc éolien de Thennes

### 4.2.1 Activités de l'installation

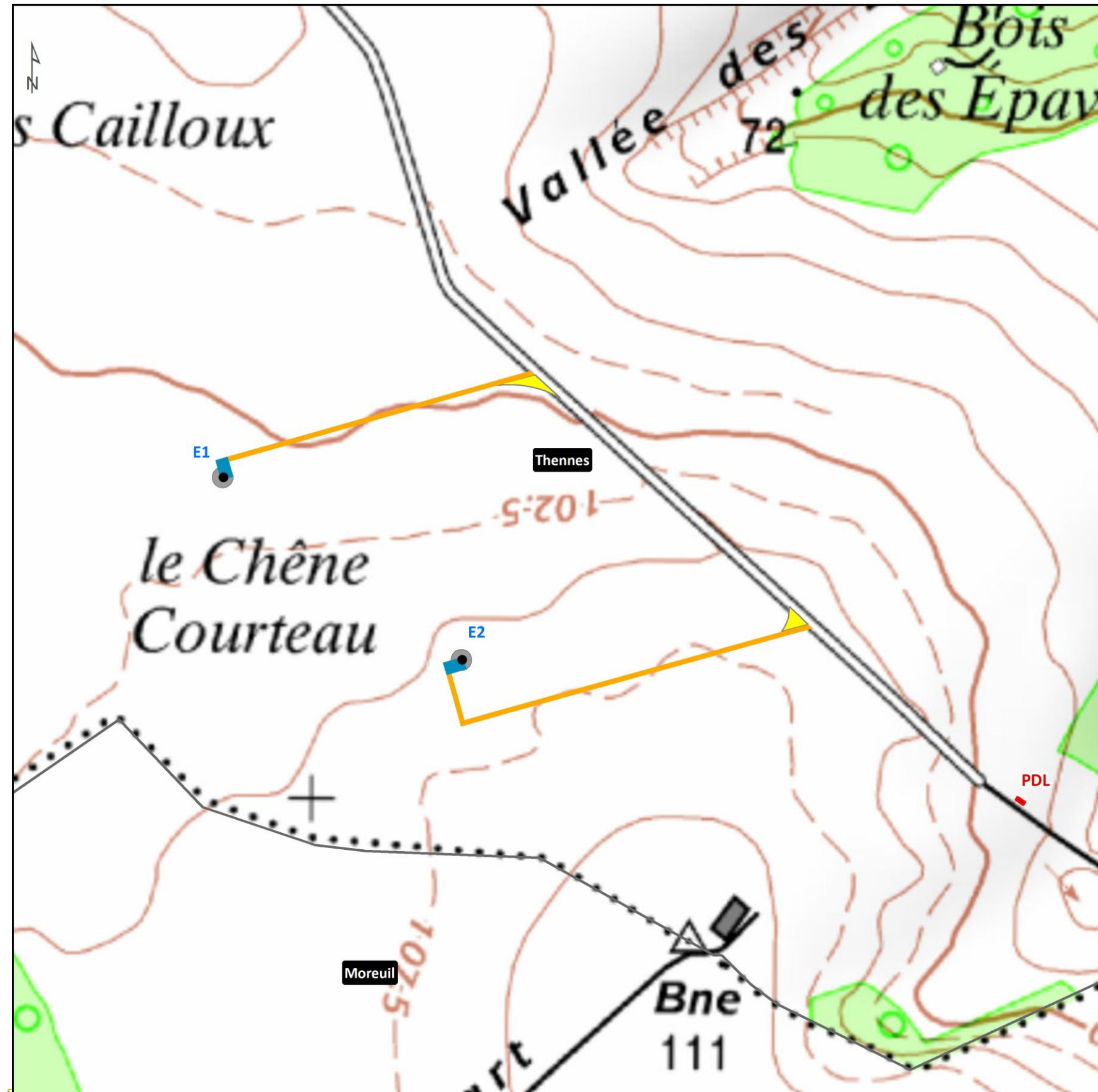
L'activité principale du parc éolien de Thennes est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât+nacelle) supérieure à 50 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

### 4.2.2 Situation géographique

Les éléments relatifs à la situation géographique du projet (localisation, coordonnées géographiques des principaux aménagements, communes d'implantation, etc.) sont disponibles au chapitre 2.1 « Localisation du site » de la présente étude.

La carte suivante présente les aménagements du projet de parc éolien de Thennes en phase d'exploitation.



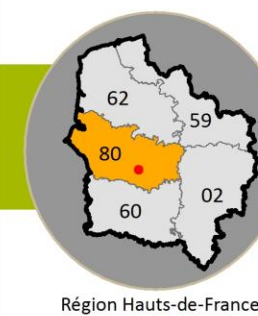


## Projet de parc éolien de Thennes

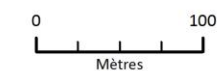
80  
Somme

### Le parc éolien en exploitation

- Éoliennes
- Poste de livraison
- Pourtour balisé des fondations et fûts des éoliennes hors plateformes
- Pistes créées
- Virages créés
- Plateformes permanentes
- Limite communale



Fond : Scan25® - ©IGN Paris.  
Reproduction interdite.  
Réalisation : ABIES, Décembre 2017



Région Hauts-de-France

Carte 11 : Le projet en phase d'exploitation

### 4.2.3 Les éoliennes choisies

À la date de dépôt du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, le modèle d'aérogénérateurs qui équipera le parc éolien de Thennes n'est pas déterminé. Néanmoins, le maître d'ouvrage a restreint son choix à quatre machines dont le gabarit et les spécificités techniques sont adaptés aux caractéristiques du vent et du site :

- la Vestas V117 ;
- la Vestas V126 ;
- la Gamesa G114 ;
- la Nordex N117.

Les caractéristiques et le gabarit de ces différentes turbines sont détaillés dans le tableau suivant.

Nom de la machine	V117	V126	G114	N117
Constructeur	Vestas	Vestas	Gamesa	Nordex
Puissance nominale	3,45 MW	3,45 MW	2,5 MW	3,6 MW
Hauteur de moyeu	91,5 m	117 m	93 m	91 m
Diamètre du rotor	117 m	126 m	114 m	116,8 m
Hauteur en bout de pale	150 m	180 m	150 m	149,4 m
Longueur de pale	57,15 m	61,66 m	56 m	57,3 m
Largeur de la base de la pale	4 m	4 m	3,98 m	4 m
Diamètre de la base du mât	5 m	5 m	5 m	5 m

Tableau 8 : Caractéristiques et gabarits des aérogénérateurs envisagés pour le parc éolien de Thennes

Afin de ne pas risquer de sous-évaluer les impacts, dangers et inconvénients de l'installation sur la santé humaine, il a été décidé de définir pour la présente étude une éolienne théorique dont les éléments constitutifs reprennent les caractéristiques maximisantes des quatre modèles précités en matière d'incidences négatives potentielles la santé humaine.

Ainsi, les paramètres intervenants sont :

- le **diamètre du rotor**. Plus celui-ci est important et plus la surface balayée par les pales sera grande ; les zones d'effet potentiellement concernées par la chute de glace, le chute d'éléments de l'éolienne, l'effondrement d'une machine ou la projection de glace et d'éléments d'éolienne seront maximisées. Le diamètre retenu pour la suite de l'étude est donc celui de la Vestas V126 : 126 m ;
- la **hauteur en bout de pale**. Les éoliennes les plus hautes auront un périmètre d'effet majoré, en particulier en cas d'effondrement d'aérogénérateur. La valeur retenue pour la suite de l'étude est celle de la Vestas V126 : 180 m ;
- la **hauteur du moyeu**. Ce paramètre aura une influence sur les zones d'effet des phénomènes d'effondrement d'éoliennes et de projection de glace ; le rayon de celles-ci sera proportionnel à la hauteur du moyeu. La valeur retenue pour la présente étude est donc celle de la Vestas V126 : 117 m.

Le tableau suivant présente plus en détail le gabarit de l'aérogénérateur théorique retenu pour la présente étude.

Il est à noter également que compte tenu la non sélection d'un modèle en particulier, les informations contenues dans les paragraphes suivants sont d'ordre générique et les équipements présentés sont ceux qui équipent en règle générale les éoliennes de ce gabarit.

La présentation technique des machines ne correspondra donc pas exactement au modèle retenu parmi les quatre précités. Les écarts relevés seront dans tous les cas mineurs et ne remettent pas en cause les analyses de risques présentées dans l'étude de dangers.

Paramètre	Dimension
Puissance nominale	2,5 à 3,6 MW
Hauteur d'une éolienne en bout de pale	H = 180 m
Diamètre du rotor	D = 126 m
Longueur d'une pale	L = 61,66 m
Hauteur du moyeu	Hmoyeu = 117 m
Hauteur sous le rotor	Hmin = 32,6 m
Diamètre maximal des fondations	Ømax = 20 m
Profondeur maximale des fondations	Pmax = 3,2 m
Diamètre maximal de fût	Øfût = 8 m

Tableau 9 : Caractéristiques dimensionnelles de l'éolienne

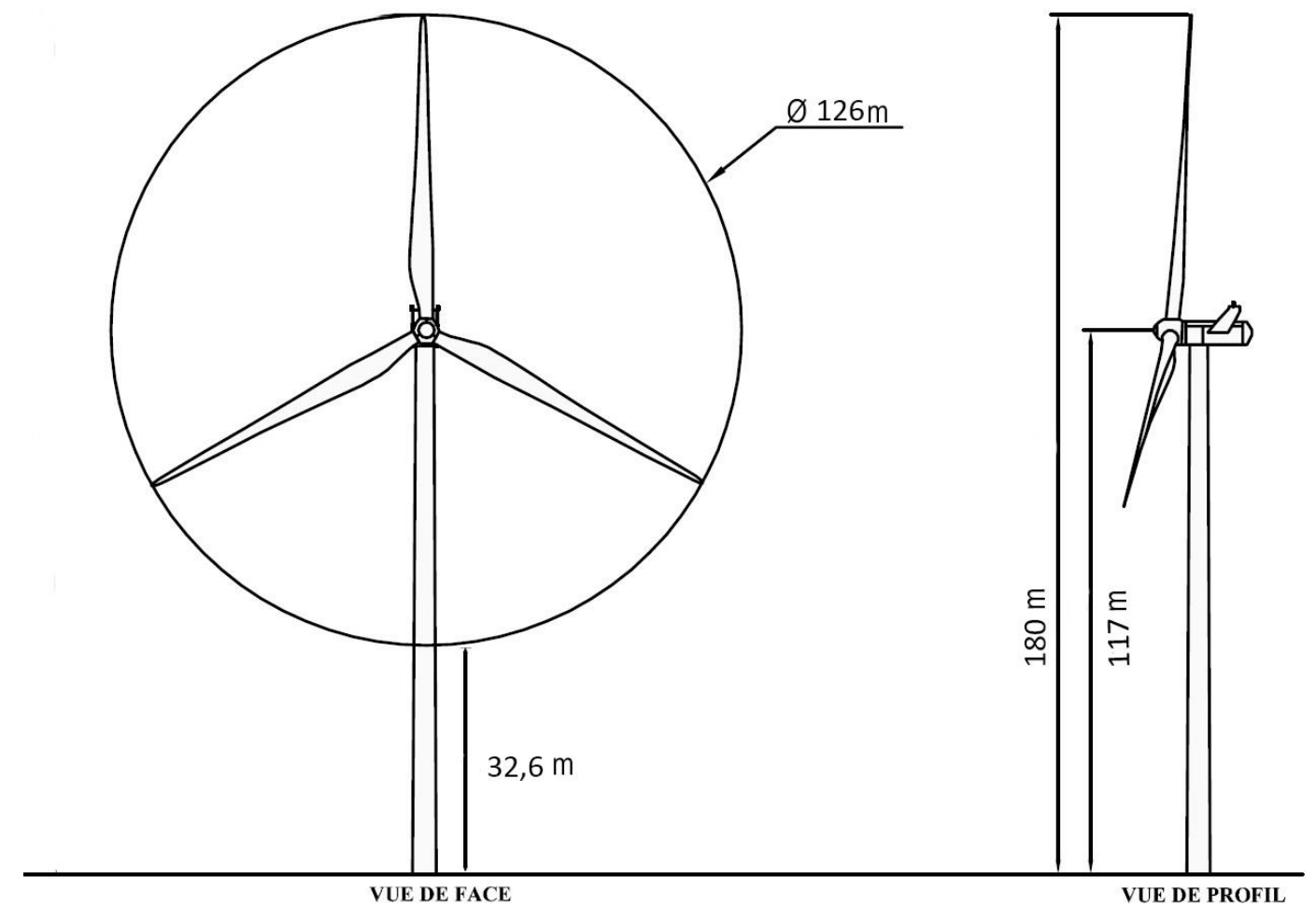


Figure 3 : Schéma du gabarit des machines retenues dans le cadre du projet éolien de Thennes

## 4.3 Fonctionnement d'une éolienne

### 4.3.1 Généralités

L'éolienne transforme l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Cette transformation se fait en plusieurs étapes principalement par le couple rotor/nacelle.

Lorsque le vent se lève et que sa vitesse est suffisante pour entraîner la rotation des pales, un **automate** informé par une **girouette** commande au **système d'orientation de la nacelle (Yaw)** de placer le rotor face au vent en faisant tourner la nacelle sur son axe par le biais de moteurs d'orientation.

La seule force du vent assure alors la mise en mouvement du rotor dont les **pales peuvent pivoter indépendamment sur elles-mêmes** via des roulements. Ce système hydraulique de contrôle appelé « **pitch system** » permet à l'éolienne d'adapter la portance de son rotor face aux variations du vent (forte portance lorsque le vent est faible et diminution de celle-ci s'il est trop puissant, Cf. chapitre suivant).

La rotation du rotor est transmise à un arbre moteur horizontal, l'**arbre principal**, dont la vitesse n'est généralement pas suffisante (5 à 15 tours par minute) pour que le générateur présent dans la nacelle soit en mesure de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique ; c'est pourquoi le mouvement de l'arbre principal est dans un premier temps amplifié par un **multiplicateur** qui va à son tour entraîner un **arbre rapide** (1 000 à 2000 tours par minute) couplé au **générateur**. L'électricité délivrée par le générateur est produite sous forme de courant alternatif dont la tension varie de 400 à 1 000 V maximum en fonction de la vitesse du vent et de la portance des pales face à la pression.

Deux types de générateurs existent :

- les générateurs asynchrones. Leur avantage est de supporter de légères variations de vitesse ce qui est un atout pour les éoliennes où la vitesse du vent peut évoluer rapidement notamment lors de rafales. On peut reconnaître une éolienne utilisant une génératrice asynchrone par la forme allongée de la nacelle, qui abrite la chaîne cinétique. Ce type de générateur est le plus courant ;
- la génératrice peut également être synchrone et être utilisée dans le cas d'un entraînement direct lorsque la liaison mécanique entre le moyeu de l'éolienne et la génératrice est directe, sans avoir recours à un multiplicateur.

Une fois l'électricité produite par le générateur, un **convertisseur** va stabiliser sa fréquence à 50 Hz afin d'être conforme aux normes du courant injecté sur le réseau d'électricité public puis sa tension va être élevée via un transformateur pour atteindre 20 000 à 33 000 V selon les cas, valeurs nécessaires pour le raccordement au réseau de distribution. Selon les modèles d'éoliennes, le convertisseur et le transformateur peuvent être installés dans la nacelle ou dans le mât.

En sortie d'éolienne, l'électricité est évacuée au travers d'un câble enterré jusqu'à un poste de livraison pour être injectée sur le réseau électrique et distribuée aux usagers ; elle n'est donc pas stockée, comme pour tout moyen de production électrique (hors sites isolés).

La production électrique varie selon la vitesse du vent. Concrètement une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation des pales. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne délivrera de l'électricité jusqu'à atteindre le seuil de production maximum :

- lorsque le vent est inférieur à 12 km/h (3,5 m/s) environ, **l'éolienne est arrêtée** car le vent est trop faible pour faire tourner les pales. Cela n'arrive que 15 à 20 % du temps selon les régions ;
- entre 12 km/h (3,5 m/s) et 45 km/h (13 m/s) environ, **l'éolienne est dans la plage des charges partielles**, c'est-à-dire qu'elle fonctionne en-dessous de sa puissance maximale. Le positionnement des pales s'ajuste en fonction de l'apport en énergie du vent à la turbine à l'aide du système de régulation « **pitch system** » qui permet de déterminer la meilleure position des pales en fonction de la vitesse du vent et commande le système hydraulique afin d'exécuter le positionnement : la diminution ou l'augmentation de la portance de la pale influencera le couple moteur. La totalité de l'énergie du vent récupérable est convertie en électricité. La production augmente très rapidement en fonction de la vitesse de vent<sup>4</sup> ;

- entre 45 km/h (13 m/s) et 90 km/h (25 m/s) environ, l'éolienne produit à pleine puissance, on parle de **puissance nominale** (3,6 MW maximum dans le cas des éoliennes de Thennes). À 45 km/h, le seuil de production maximum est atteint. Selon la contrainte exercée par le vent, les pales se mettent à pivoter sur leur axe afin de réguler la production qui peut alors rester constante et maximale jusqu'à une vitesse de vent de 90 km/h ;
- à partir de 90 km/h (25 m/s) environ, **l'éolienne est arrêtée progressivement pour des raisons de sécurité**. Cela n'arrive que sur des sites très exposés, quelques heures par an, durant de fortes tempêtes ou lors d'épisodes de bourrasques répétées. Lorsque le vent dépasse 90 km/h pendant plus de 100 secondes, les pales sont mises en drapeau (parallèles à la direction du flux d'air). L'éolienne ne produit plus d'électricité. Le rotor tourne alors lentement en roue libre et la génératrice est déconnectée du réseau. Dès que la vitesse du vent redevient inférieure à 65 km/h pendant 10 minutes, l'éolienne se remet en production.

Toutes ces opérations sont totalement automatiques et gérées par ordinateur. En cas d'urgence, un frein à disque placé sur l'axe permet de placer immédiatement l'éolienne en sécurité.

### 4.3.2 Caractéristiques techniques des éoliennes envisagées

#### 4.3.2.1 Le rotor : moyeu et pales

L'éolienne aux caractéristiques maximisantes sera équipée d'un rotor de 126 mètres de diamètre constitué de 3 pales fixées au moyeu. Ce dernier est la pièce centrale du rotor ; il est fixé sur l'arbre lent horizontal de la nacelle et renferme le système de contrôle d'angle de calage des pales « **pitch system** ». L'inclinaison des pales s'ajuste en fonction de l'apport en énergie du vent à la turbine. L'angle de calage des pales sur le moyeu peut donc varier à l'aide de vérins hydrauliques (1 par pale) afin de profiter au maximum du vent instantané ou de limiter ses effets lorsque celui-ci est trop intense. La variation de l'inclinaison entraîne une diminution ou une augmentation de la portance de la pale. Un système de contrôle (microprocesseur) permet de déterminer la meilleure position des celles-ci en fonction de la vitesse du vent et commande le système hydraulique afin d'exécuter le positionnement. Ce système permet donc de maximiser l'énergie absorbée par l'éolienne mais il fonctionne également comme le premier mécanisme de freinage en plaçant les pales en drapeau en cas de vents violents. L'angle d'inclinaison des pales peut varier entre - 5° et 90°.

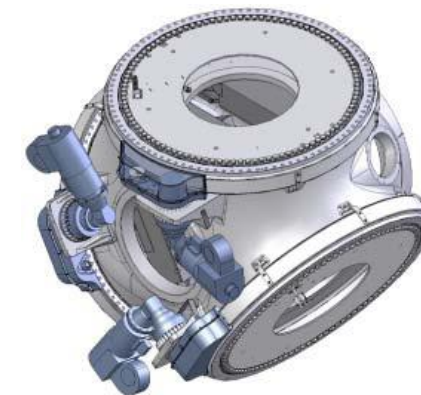


Figure 4 : Exemple de moyeu

Une pale correspond généralement à l'assemblage de deux coques sur un longeron de soutien ; elle est habituellement composée de fibre de verre renforcée de résine époxy et de fibre de carbone. L'utilisation de ces matériaux rend les pales relativement légères (entre 10 et 15 tonnes). Les pales de l'éolienne aux caractéristiques maximisantes mesurent 61,66 m.

Un système de captage de la foudre constitué d'un collecteur métallique associé à un câble électrique ou méplat situé à l'intérieur de la pale permet d'évacuer les courants de foudre vers le moyeu puis vers la tour, la fondation et enfin vers le sol.

<sup>4</sup> Formule de Betz : La puissance fournie par une éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent et au carré des dimensions du rotor

### 4.3.2.2 Le mât

Le mât de l'éolienne se présente sous la forme d'une tour conique en acier constituée de cinq sections.

L'accès au mât se fait par une porte verrouillable au pied de la tour. Dans le mât, il est possible de monter jusqu'à la nacelle avec un ascenseur (facultatif) ou une échelle équipée d'un système antichute. On trouve une plateforme et un système d'éclairage de secours au niveau de chaque segment de la tour.

### 4.3.2.3 La nacelle

L'enveloppe de la nacelle est généralement composée de fibre de verre. Son châssis métallique sert de support aux différents éléments qu'elle renferme dont les principaux sont : l'arbre de transmission, le générateur, le multiplicateur, les armoires de commandes et le transformateur (variable selon les modèles). Le toit est équipé de capteurs de vent et de puits de lumière qui peuvent être ouverts depuis l'intérieur de la nacelle pour un accès au toit en cas de maintenance notamment.

Les principaux éléments présents dans la nacelle sont détaillés ci-après.

#### 4.3.2.3.1 Le multiplicateur (selon les modèles)

Pour produire une quantité suffisante d'électricité, le générateur de l'éolienne a besoin de tourner à très grande vitesse (de 1 000 à 2 000 tours/min). Pour ce faire, il est nécessaire de démultiplier la vitesse de rotation du rotor ; cette tâche est assurée par le multiplicateur (train d'engrenage) qui s'insère entre le rotor et le générateur.

Le rotor transmet donc l'énergie du vent au multiplicateur via un arbre lent (une dizaine de tours/min) ; le multiplicateur va ensuite entraîner un arbre rapide (1 000 à 2 000 tours/min) et se coupler au générateur électrique. Un frein à disque est généralement monté directement sur l'arbre rapide en cas d'emballement ; cela permet notamment de protéger le générateur.

#### 4.3.2.3.2 Le générateur électrique

Il convertit l'énergie mécanique produite par la rotation du rotor en énergie électrique. Les générateurs utilisés sont souvent asynchrones et peuvent supporter de légères variations de vitesse, ce qui est un atout pour les éoliennes car la vitesse du vent peut évoluer rapidement, notamment lors de rafales.

La génératrice asynchrone peut être :

- à rotor bobiné ou à bagues. Les enroulements du rotor couplés en étoile sont reliés à un système de bagues/balais, permettant ainsi l'accès à leurs bornes pour la connexion d'un convertisseur statique dans le cas d'un pilotage de la machine par le rotor ;
- à cage d'écurie. Le rotor est constitué de barres court-circuitées par des anneaux aux deux extrémités de l'armature. Les enroulements rotoriques ne sont alors pas accessibles.

Dans le cas de génératrices synchrones, la liaison mécanique entre le moyeu de l'éolienne et la génératrice est directe, sans utiliser de multiplicateur. Il faut alors que la génératrice soit raccordée au réseau par l'intermédiaire de convertisseurs de fréquence. Si la génératrice est à aimants permanents, elle peut fonctionner en mode autonome car elle n'a pas besoin d'excitation extérieure. Le rotor est l'inducteur et le stator est l'induit. Le stator est constitué d'enroulements qui vont être le siège de courant électrique alternatif induit par la variation du flux du champ magnétique due au mouvement relatif de l'inducteur par rapport à l'induit.

#### 4.3.2.3.3 Le transformateur

Le transformateur constitue l'élément électrique qui va élever la tension issue du générateur pour permettre le raccordement au réseau de distribution d'électricité. Il est triphasé et de type « sec » et ne contient donc pas d'huile afin d'éviter les risques de fuite ou d'incendie. Il se situe dans une pièce séparée et verrouillée dans la nacelle ou pieds du mât selon les modèles ; des dispositifs parafoudre assurent sa protection.

#### 4.3.2.3.4 Le convertisseur

Il contrôle l'énergie convertie dans le générateur en assurant une puissance débitée continue dont la fréquence est indépendante de la vitesse de rotation du rotor.

#### 4.3.2.3.5 Le système auxiliaire

Il fournit l'électricité nécessaire au fonctionnement des différents moteurs, pompes, ventilateurs et appareils de chauffage de l'éolienne ; il se trouve dans les armoires de commande.

#### 4.3.2.3.6 Le système de refroidissement

Le refroidissement des principaux composants de la nacelle (multiplicateur, convertisseur, groupe hydraulique) se fait par un système de refroidissement à eau (mélange eau/glycol pour le convertisseur et mélange eau/huile pour les deux autres composants) tandis que le générateur et le transformateur sont refroidis par air (air forcé ou air ambiant).

De même, tous les autres systèmes produisant de la chaleur sont équipés de ventilateurs ou de refroidisseurs mais ils sont considérés comme des contributeurs mineurs à la thermodynamique de la nacelle.

### 4.3.2.4 Les autres éléments électriques

Si le générateur et le transformateur constituent les deux systèmes électriques principaux dans le fonctionnement des éoliennes, on retrouve d'autres éléments nécessaires à la production d'électricité :

- l'**onduleur** qui assure l'alimentation des principaux composants en cas de panne ;
- le **système de commande** qui correspond aux différents processeurs situés dans le rotor, dans la nacelle et en pied de mât ;
- les **câbles haute-tension** allant de la nacelle au bas de la tour.

### 4.3.2.5 Refroidissement et lubrification

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle implique un graissage au démarrage et en exploitation afin de réduire les différents frottements et l'usure entre deux pièces en contact et, en mouvement l'une par rapport à l'autre.

Les éléments chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes implantées sur le site de Thennes seront certifiés selon les normes ISO 14001 version 2004. Les principaux éléments chimiques rencontrés dans une éolienne sont les suivants :

- le liquide de refroidissement (eau glycolée) ;
- les huiles de lubrification et de refroidissement pour le multiplicateur et le groupe hydraulique ;
- les huiles mises sous pression par le système hydraulique
- les graisses pour la lubrification des roulements ;
- les divers agents nettoyants et produits chimiques pour la maintenance de l'éolienne.

### 4.3.2.6 La couleur et le balisage des éoliennes

#### 4.3.2.6.1 La couleur des éoliennes

La couleur des éoliennes est définie en termes de quantités colorimétriques et de facteur de luminance :

- les quantités colorimétriques sont limitées au domaine blanc ;
- le facteur de luminance est supérieur à 0,4.

D'après l'arrêté ministériel du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques, les principales références RAL utilisables par les constructeurs d'éoliennes sont :

- les nuances RAL 9003, 9010, 9016 qui se situent dans le domaine blanc et qui ont un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,75 ;
- la nuance RAL 7035 qui se situe dans le domaine blanc et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,5 mais strictement inférieur à 0,75 ;
- la nuance RAL 7038 qui se situe dans le domaine du blanc et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,4 mais strictement inférieur à 0,5.

Cette couleur est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne (tour, moyeu et pales). Dans le cadre des éoliennes de Thennes, le RAL n'est pas encore précisément connu au moment du dépôt du présent dossier de demande d'autorisation environnementale, mais il sera conforme à la réglementation en vigueur.

#### 4.3.2.6.2 Le balisage des éoliennes

L'installation sera conforme à l'article 11 de l'arrêté du 26 août 2011 et à l'arrêté ministériel du 13 novembre 2009 qui indiquent que :

- **Le jour** : chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux, assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).
- **La nuit** : chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 candelas). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts.
- **Passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit** : le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m<sup>2</sup>, le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m<sup>2</sup> et 500 cd/m<sup>2</sup>, et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m<sup>2</sup>. Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m<sup>2</sup> ;

Les feux à éclats, quels qu'ils soient, doivent être synchronisés entre eux pour un même parc éolien, à un rythme de 40 par minute.

Conformément à l'arrêté relatif au balisage des éoliennes en France entré en vigueur le 1er mars 2010, dans le cas d'une éolienne de hauteur totale supérieure à 150 mètres, le balisage par feux moyenne intensité est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installé sur le mât. Ils doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°) et être placés à 45 m de hauteur. Les éoliennes de Thennes, si elles dépassent une hauteur maximale de 150 m en bout de pale (cas du modèle Vestas V126), seront concernées par cette disposition.

Les feux de balisage font l'objet d'un certificat de conformité, délivré par le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC) de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes.

#### 4.3.2.7 L'ancrage au sol des éoliennes

Compte tenu de leurs dimensions et de leurs poids, les éoliennes sont fixées au sol par le biais de fondations en béton armé enterrées.

Le type et le dimensionnement exacts des fondations seront déterminés en tenant compte des caractéristiques de l'éolienne, des conditions météorologiques et de la nature du terrain d'implantation qualifiée lors des études géotechniques menées en amont de la construction du parc. Un système constitué de tiges d'ancrage, disposé au centre du massif de fondation, permet la fixation de la bride inférieure de la tour. La fondation est composée de béton armé et conçue pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2.

Les fondations du parc éolien de Thennes devraient être similaires à celle présentée sur le schéma ci-après, probablement de forme ronde, de 20 m de diamètre environ, et le diamètre du fût sera d'environ 8 m.

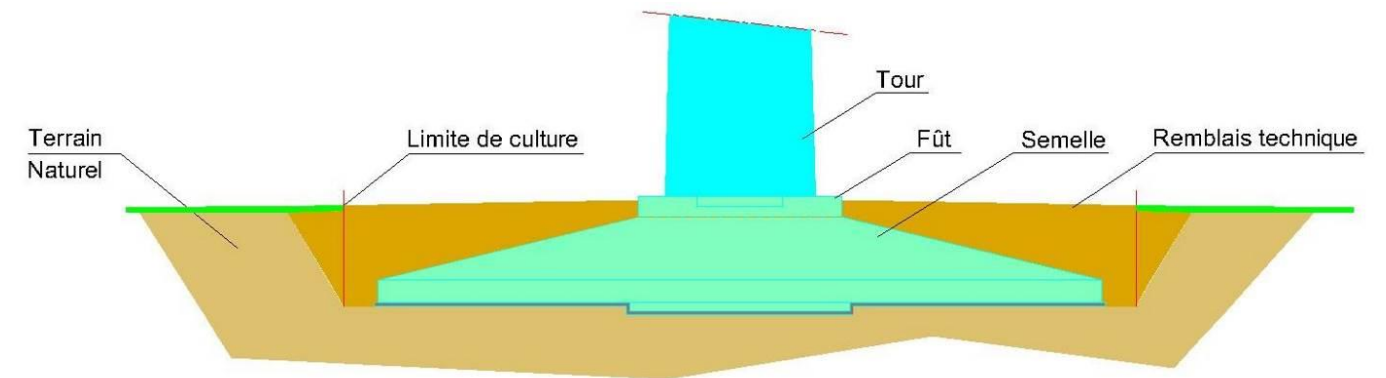


Figure 5 : Schéma type d'une fondation

## 4.4 Aires de maintenance

Au pied de chaque éolienne, une plateforme permettra au personnel intervenant sur le parc d'assurer les opérations de maintenance nécessaires.

## 4.5 Chemins d'accès

Le site dispose d'une voie d'accès carrossable pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu.

Par ailleurs, au sein du site lui-même, il est nécessaire d'aménager une desserte pour chaque éolienne.

La largeur utile des voies de desserte doit être de 5 mètres minimum avec un dégagement de part et d'autre.

## 4.6 Durée de vie et démantèlement

La présente installation n'a pas un caractère permanent (ou non réversible) comme d'autres installations de production énergétique : elle est réversible à condition de respecter un certain nombre de règles.

L'exploitation du parc éolien de Thennes est prévue pour une durée de 20 à 25 ans environ.

## 4.7 Production estimée

Les données de vent collectées au travers du Schéma Régional Éolien (SRE) de Picardie et des informations fournies par la société Vortex permettent d'estimer la production électrique qui sera délivrée par le parc éolien objet du présent dossier.

La production des deux éoliennes atteindra environ 16 800 MWh par an (hypothèse d'éoliennes d'une puissance unitaire de 3,45 MW). Elle correspond à l'équivalent de la consommation électrique domestique, hors chauffage, de près de 13 950 personnes (source : VALECO), ce qui équivaut à la population de la Communauté de Communes Avre-Luce-Moreuil<sup>5</sup> à laquelle était intégrée Thennes jusqu'au 31 décembre 2016 (13 163 habitants en 2014 selon l'INSEE).

Il s'agit d'une production annuelle estimée, étant entendu que les parcs éoliens produisent « au fil du vent » une électricité injectée sur le réseau électrique.

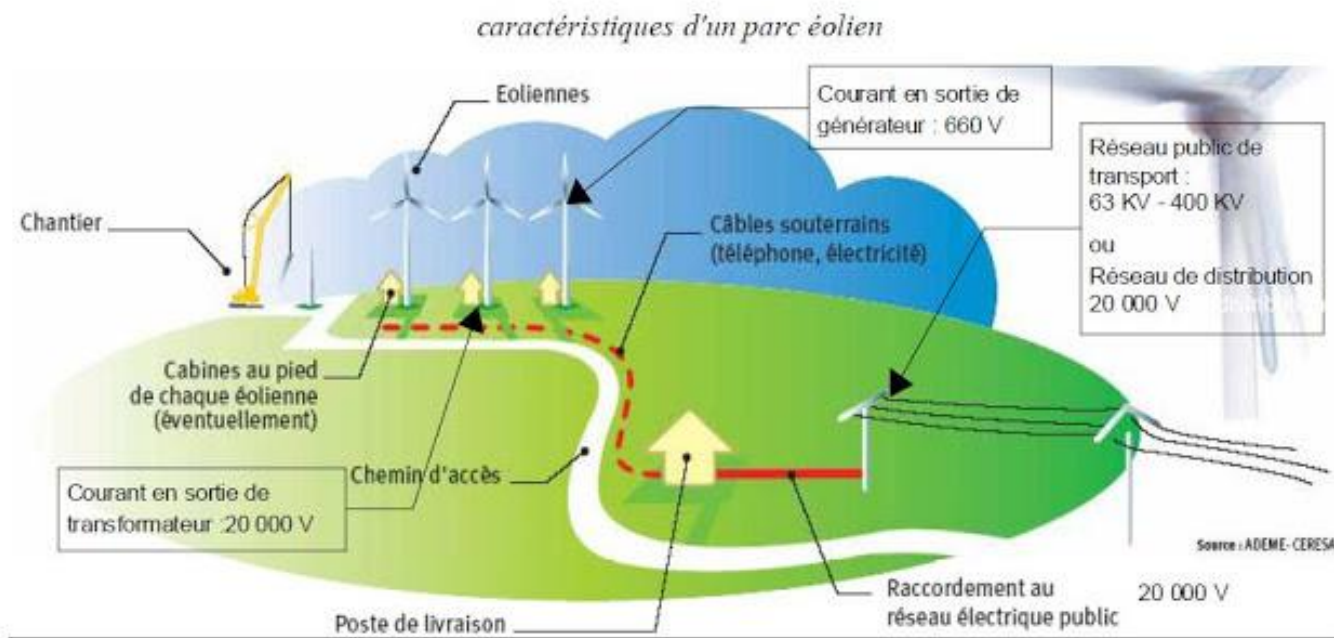
<sup>5</sup> Depuis le 1er janvier 2017 la Communauté de Communes Avre-Luce-Moreuil a fusionné avec la Communauté de Communes Val de Noye afin de former la Communauté de Communes Avre-Luce-Noye (CCALN). Au moment de la rédaction de la présente étude d'impact, l'INSEE ne disposait pas des informations démographiques relatives à ce nouvel établissement.

## 4.8 Fonctionnement des réseaux de l'installation

L'article L. 323-11 du code de l'énergie indique que « L'exécution des travaux déclarés d'utilité publique est précédée d'une notification directe aux intéressés et d'un affichage dans chaque commune et ne peut avoir lieu qu'après approbation du projet de détail des tracés par l'autorité administrative ».



Illustration 3 : Modèle et intérieur d'un poste de livraison (Source : VALECO, 2017)



Source : ADEME et CERESA,

Figure 6 : Schéma de principe du raccordement électrique des installations. (Source. ADEME et CERESA)

### 4.8.1 Le poste de livraison électrique

Le projet de parc éolien de Thennes sera équipé d'un poste de livraison situé à environ 545 m au sud-est de l'éolienne E2, le long de la voie communale (VC) n°1 de Thennes à Villers-aux-Érables. Ses coordonnées géographiques précises (référentiel Lambert 93) sont consultables au chapitre 2.1 de la présente étude ainsi que sur le plan suivant.

Le poste de livraison centralise la production électrique en provenance des éoliennes et marque l'interface entre le domaine privé (l'exploitant du parc) et le domaine public, géré par le gestionnaire public de réseau (distributeur, transporteur).

Sur le plan technique, le poste se divise en deux entités mitoyennes :

- le poste de livraison à proprement dit ; celui-ci comprend notamment les différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV en toute sécurité ;
- un local technique destiné au personnel intervenant sur le parc.

L'ensemble forme un bâtiment dont les dimensions sont de 8,44 m de long par 2,82 m de large. Celui-ci est également pourvu d'un plancher technique en-dessous duquel un vide sanitaire permet le passage d'interconnexion des cellules et autres éléments techniques.



Illustration 4 : Plan masse du poste de livraison (Source : VALECO)

La structure du poste est réalisée en béton ; les façades seront recouvertes d'un bardage bois en clins verticaux afin de s'intégrer au mieux dans l'environnement du site. La toiture disposera quant à elle d'une couverture bac acier avec une étanchéité membrane PVC, en teinte grise avec joint debout. Les portes seront métalliques, en teinte grise ardoise RAL 7015. L'ensemble est mis en œuvre en usine puis transporté jusqu'à son emplacement sur le site.

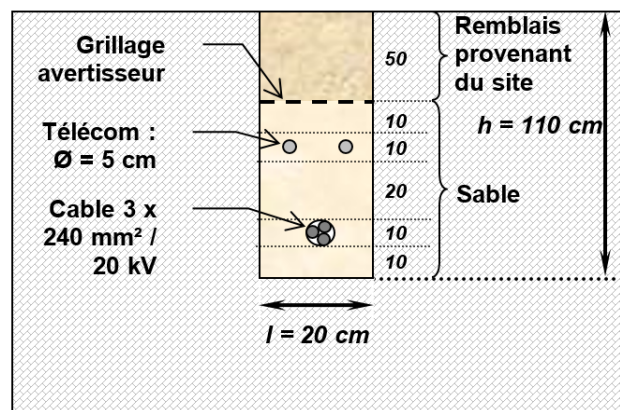
Des panneaux indicateurs réglementaires avertissant le public de la nature de cette construction et des dangers électriques présents à l'intérieur seront apposés sur les portes d'accès.

## 4.8.2 Le réseau électrique interne

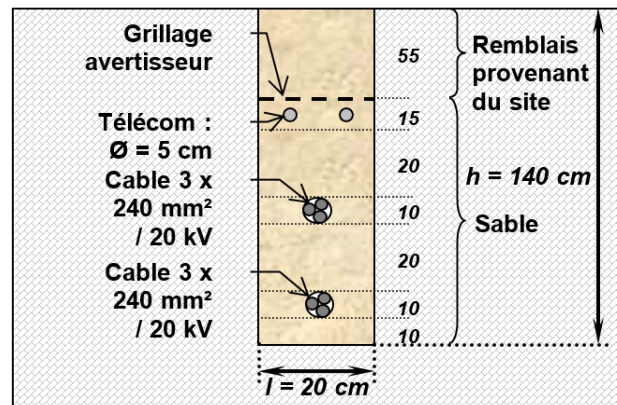
### 4.8.2.1 Description

Le réseau électrique interne (ou inter-éolien) permet de transférer l'électricité produite par chaque éolienne (20 000 V en sortie de transformateur) au poste de livraison du parc.

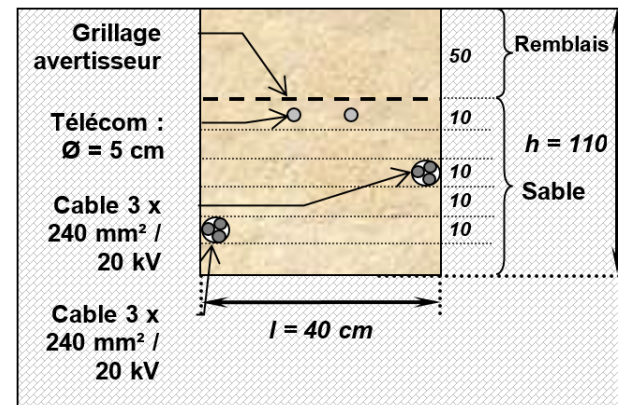
Les câbles qui constituent ce réseau sont triphasés, de type HN33S23 / 20 kV avec une section de 240 mm<sup>2</sup> par phase, et répondent à la recommandation technique permettant de les intégrer au réseau électrique public. Ces câbles sont protégés par des gaines et enfouis dans des tranchées dont la profondeur pourra varier entre 1,10 m et 1,40 m en fonction du nombre de câbles présents et du type de tranchée. La largeur de l'excavation variera également selon le nombre de câbles et sa profondeur (Cf. schéma suivant). En cas de franchissement de canalisations existantes, le passage des câbles sera réalisé selon les prescriptions du concessionnaire du réseau concerné.



Tranchée simple câble



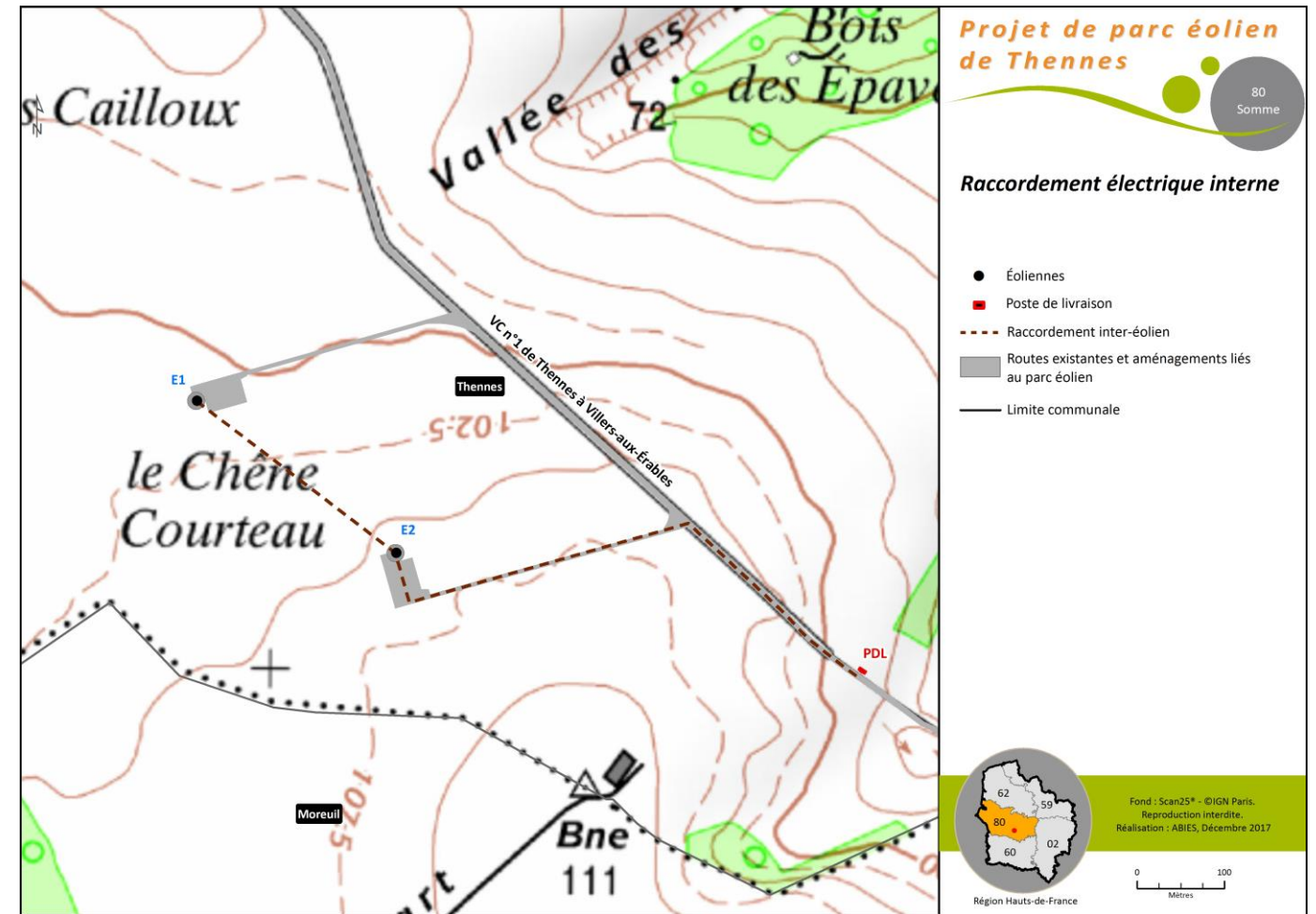
Tranchée double câble type 1



Tranchée double câble type 2

Figure 7 : Principe d'enfouissement selon le nombre de câbles et la profondeur de la tranchée (Source : VALECO)

La carte ci-après permet de visualiser le tracé du réseau électrique inter-éolien.



Carte 12 : Plan du raccordement inter-éolien et localisation du poste de livraison

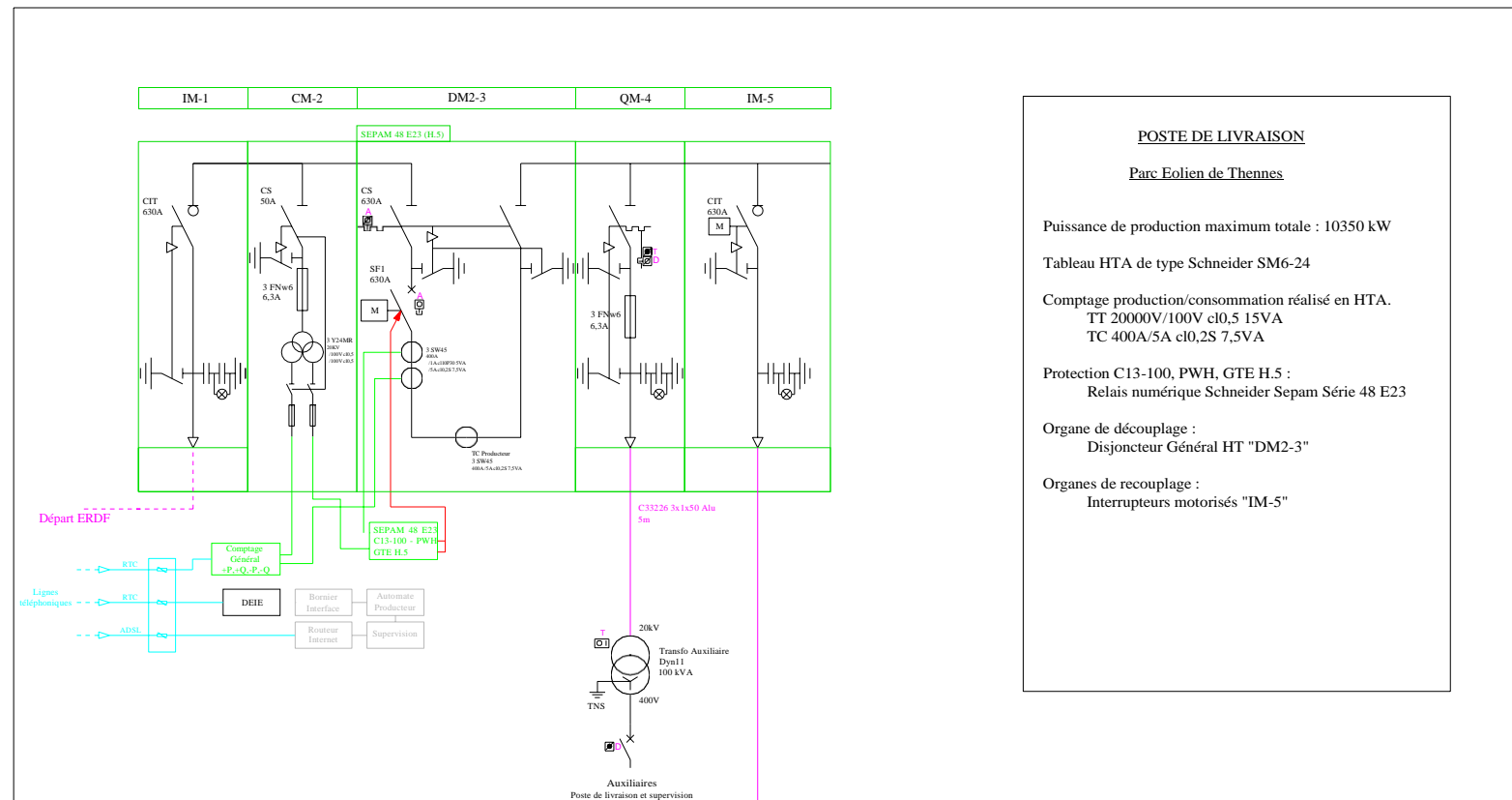
Le schéma unifilaire du réseau électrique inter-éolien est présenté en page suivante.

### 4.8.2.2 Accord foncier

Le tableau suivant présente les parcelles cadastrales du domaine privé concernées par le réseau électrique inter-éolien pour lesquelles un accord foncier a été délivré à la SARL Parc éolien de Thennes.

Provenance du réseau électrique	Type d'ouvrage	Commune	Parcelle cadastrale	Superficie (m <sup>2</sup> )
E1	Câble	Thennes	ZI 20	91 160
E2	Câble	Thennes	ZI 21	73 000

Tableau 10 : Parcelles cadastrales privées pour lesquelles l'exploitant bénéficie d'un accord foncier



**POSTE DE LIVRAISON**  
**Parc Eolien de Thennes**

Puissance de production maximum totale : 10350 kW

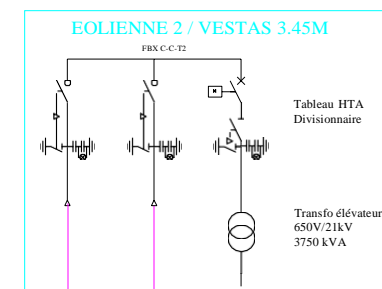
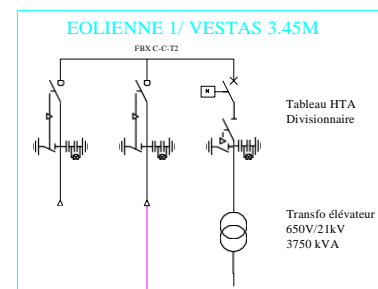
Tableau HTA de type Schneider SM6-24

Comptage production/consommation réalisé en HTA.  
 TT 20000V/100V cI0,5 15VA  
 TC 400A/5A cI0,2S 7,5VA

Protection C13-100, PWH, GTE H.5 :  
 Relais numérique Schneider Sepam Série 48 E23

Organe de découplage :  
 Disjoncteur Général HT "DM2-3"

Organes de recouplage :  
 Interrupteurs motorisés "IM-5"



Câble C33-226 3x240 alu – 286 m

Câble C33-226 3x240 alu – 659 m

DESSINE:	DV				
VERIFIE:	SA				
DATE:	07/12/2017				

**Parc Eolien de Thennes**  
 Unifilaire général HTA



### 4.8.3 Le réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de distribution d'électricité). Il est lui aussi entièrement enterré et réalisé sous maîtrise d'ouvrage du gestionnaire de réseau de distribution d'électricité. En effet, comme le souligne l'article D.342-23 du code de l'énergie : « *les gestionnaires des réseaux publics proposent la solution de raccordement sur le poste le plus proche, minimisant le coût des ouvrages propres définis à l'article D.342-22 et disposant d'une capacité réservée suffisante pour satisfaire la puissance de raccordement demandée.* ».

Au stade actuel de développement du projet, les conditions du raccordement externe (choix du poste source et définition du tracé précis et définitif) ne sont pas connues. Celui-ci dépend en effet du gestionnaire de réseau de distribution qui donnera le cheminement précis du raccordement « d'export » et le poste source retenu seulement au moment où l'autorisation environnementale du parc éolien sera délivrée. Le porteur du projet de parc éolien procède à une demande de raccordement auprès du gestionnaire de réseau de distribution d'électricité qui aboutit à une convention de raccordement transmise une fois l'autorisation environnementale obtenue ; ce document permet la mise en attente du projet pour son raccordement au réseau régional des Energies Renouvelables. Il est à noter que le ou les câbles souterrains qui relient le projet au poste source sont la propriété du gestionnaire de réseau.

## 4.9 La maintenance

La maintenance sera conforme aux termes de l'arrêté du 26 Août 2011<sup>6</sup> spécifiant que « *trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.* ».

*Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.*

*L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.* ».

L'objectif global des services de maintenance est de veiller au fonctionnement optimal des éoliennes au long de leur fonctionnement, afin qu'elles répondent aux attentes de performance et de fiabilité.

Chaque équipe de maintenance dispose d'un local bureau et d'un atelier, des outils nécessaires aux interventions mécaniques et électriques sur les éoliennes, des moyens de protection individuels et de véhicules utilitaires.

Les équipes sont généralement composées d'un chef d'équipe et de plusieurs techniciens dans les domaines de l'électricité, de la mécanique et de la maintenance industrielle, et spécialisés pour l'intervention sur les éoliennes retenues dans le cadre du présent projet.

Le travail des équipes de maintenance réalisé sur les parcs éoliens est à la fois préventif et curatif. On distingue alors deux types de maintenance :

- **la maintenance préventive** qui permet de veiller au bon fonctionnement du parc éolien, en assurant un suivi permanent des éoliennes pour garantir leur niveau de performance tant sur le plan de la production électrique (disponibilité, courbe de puissance...) que sur les aspects liés à la sécurité des installations et des tiers (défaillance de système, surchauffe...) ; elle est menée suivant un calendrier bien précis tout au long de la vie du parc ;
- **la maintenance curative** qui est mise en place suite à une défaillance du matériel ou d'un équipement (remplacement d'un capteur, ajout de liquide de refroidissement suite à une fuite, etc.) ; ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement.

<sup>6</sup> Les articles 17, 18 et 19 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

## 4.10 Démantèlement et remise en état du site

Le démontage des installations est relativement rapide et aisé. Ce démontage est rendu obligatoire depuis la parution de la Loi du 3 janvier 2003, relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie. Ceci a été confirmé par la Loi du 2 juillet 2003 « Urbanisme et Habitat » ainsi que la Loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010, portant Engagement National pour l'Environnement.

Cette obligation est inscrite dans le code de l'environnement ; l'article L.515-46 indique que « *l'exploitant d'une installation produisant de l'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent ou, en cas de défaillance, la société mère est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site, dès qu'il est mis fin à l'exploitation, quel que soit le motif de la cessation de l'activité. Dès le début de la production, puis au titre des exercices comptables suivants, l'exploitant ou la société propriétaire constitue les garanties financières nécessaires.* ».

L'arrêté du 26 août 2011<sup>7</sup> modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014, précise les modalités de remise en état du site d'une part et de constitution des garanties financières d'autre part.

« *Les opérations de démantèlement et de remise en état des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent comprennent :*

1. *Le démantèlement des installations de production d'électricité, des postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison.*

2. *L'excavation des fondations et le remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation :*

- *sur une profondeur minimale de 30 centimètres lorsque les terrains ne sont pas utilisés pour un usage agricole au titre du document d'urbanisme opposable et que la présence de roche massive ne permet pas une excavation plus importante ;*
- *sur une profondeur minimale de 2 mètres dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable ;*
- *sur une profondeur minimale de 1 mètre dans les autres cas.*

*La remise en état qui consiste en le décaissement des aires de grutage et des chemins d'accès sur une profondeur de 40 centimètres et le remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation, sauf si le propriétaire du terrain sur lequel est sise l'installation souhaite leur maintien en l'état.*

*Les déchets de démolition et de démantèlement sont valorisés ou éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet ».*

Des garanties financières devront également être apportées par l'exploitant du futur parc éolien (SARL Parc éolien de Thennes). Le montant de ces garanties est déterminé par l'application de la formule suivante (article 2 de l'arrêté du 26 août 2011) :

$$M = N \times C_u$$

Avec : M : Montant de la garantie financière ;

N : Nombre de machines ;

C<sub>u</sub> : Coût unitaire forfaitaire correspondant au démantèlement d'une éolienne, à la remise en état des terrains, à l'élimination et à la valorisation des déchets générés. Ce coût est fixé à 50 000 €.

Le montant de la garantie financière est réactualisé tous les 5 ans (article 3 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014). Ainsi, l'arrêté préfectoral d'autorisation précisera le montant initial de cette garantie et précisera l'indice qui sera utilisé pour calculer le montant de cette garantie (article 4 de l'arrêté du 26 août 2011).

<sup>7</sup> Arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, DEVP1120019A, JORF, 27 août 2011, texte 15.

Le montant prévisionnel de la garantie financière que devra constituer le maître d'ouvrage est ainsi estimé à 100 000 € (50 000 x 2 éoliennes).

Les éoliennes du projet étant situées sur des parcelles agricoles, l'excavation des fondations lors du démantèlement devra être réalisée sur une profondeur minimale de 1 mètre, conformément à l'article 1 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 06 novembre 2014.

## 4.11 Dispositions constructives

### 4.11.1 Dispositions réglementaires

L'arrêté du 26 Août 2011 fixe les dispositions constructives à respecter par l'exploitant qui permettent de diminuer les risques de dysfonctionnement des éoliennes (articles 7 à 11). Ces dispositions sont les suivantes :

- Art. 7. - Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.
- Art. 8. - L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté. L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

En outre l'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

- Art. 9. - L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

- Art. 10. - Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

- Art. 11. - Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

### 4.11.2 Sécurité de l'installation

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité. La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, au chapitre 7.6.

**Conformité par rapport aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisations au titre de la rubrique 2980 des ICPE.**

Seuls les articles en lien direct avec la sécurité sont mentionnés ci-après.

#### Conformité par rapport à l'article 3 - Distance par rapport aux tiers

Nous avons constaté qu'aucune habitation ne se trouvait dans le périmètre de 500 mètres autour des éoliennes.

Les aérogénérateurs sont situés :

- au plus près à 1 260 m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 et ayant encore cette destination dans les documents d'urbanisme en vigueur;
- à plus de 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables.

#### Conformité par rapport à l'article 4 - Radars et systèmes d'aide à la navigation

Les éoliennes du site de Thennes sont situées en dehors des zones de protection et de coordination des radars météorologiques. Concernant les radars et systèmes d'aide à la navigation militaires et de l'aviation civile, il est à noter qu'à la date de dépôt du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE), l'Armée de l'air n'a pas donné suite au courrier de consultation qui lui a été transmis dans le cadre de la rédaction de la présente étude. La Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC) désire pour sa part ne plus être sollicitée lors de cette étape dite de pré-consultation. Néanmoins, comme l'exige l'article R.181-32 du code de l'environnement, ces deux services seront saisis par le préfet pour avis conforme lors de l'instruction du DDAE. La conformité du projet de parc éolien de Thennes avec la sécurité aérienne sera donc confirmée ou infirmée en fonction des avis émis par les ministères de la défense (Armée de l'air) et de l'aviation civile (DSAC).

#### Conformité par rapport à l'article 5 - Effets liés aux ombres des éoliennes

La réglementation au titre de l'ICPE impose une étude pour tout bureau situé à moins de 250 m d'une éolienne. Aucun bureau n'est identifié dans un tel rayon autour des aérogénérateurs. Il est à noter que le bâtiment le plus proche des éoliennes de Thennes est une habitation éloignée de 1 260 m.

#### Conformité par rapport à l'article 6 - Champs magnétiques

Les caractéristiques des machines utilisées sur le site de Thennes permettront d'éviter que les habitations voisines du projet ne soient exposées à un champ magnétique émanant des éoliennes supérieur à 100 micro teslas à 50-60Hz. En outre, l'ensemble du réseau électrique enterré est protégé par des gaines limitant la diffusion des ondes.

#### Conformité par rapport à l'article 7 - Accès au site

Les services d'incendies et de secours pourront accéder au site par tout temps via les voies carrossables utilisées pour la maintenance du site.

#### Conformité par rapport à l'article 8 - Normes

L'ensemble nacelle / pales / rotor / mât fourni sera conforme à la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union Européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011. L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation

#### Conformité par rapport à l'article 9 - Mise à la terre

L'ensemble de l'aérogénérateur est mis à la terre et respecte la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). Plusieurs paratonnerres sont installés sur les pales, la nacelle et le mât.

Chaque pale est pourvue d'une pointe en aluminium ou d'un récepteur de foudre de chaque côté de la pointe qui dévie le courant de la foudre par un câble en acier vers le moyeu du rotor. Les opérations de maintenance du système de la mise à la terre incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

#### Conformité par rapport à l'article 10 - Installations électriques

Les générateurs sont bien conformes à la Directive Machines du 17 mai 2006. Quant aux installations électriques extérieures aux générateurs (réseau inter-éolien, poste de livraison), elles respecteront les normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200. Les installations électriques seront entretenues et maintenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

#### Conformité par rapport à l'article 11 - Balisage

Le balisage des machines sera bien conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 de l'aviation civile et respectera notamment l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes qui indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé.

#### Conformité par rapport à l'article 13 - Accès installation

Les personnes étrangères au site n'auront pas accès à l'intérieur des éoliennes, ces dernières étant fermées à clefs tout comme le poste de livraison.

#### Conformité par rapport à l'article 14 - Consignes de sécurité

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

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- la mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- la mise en garde face au risque de chute de glace.

#### Conformité par rapport à l'article 15 - Phases d'essais

Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

- un arrêt ;
- un arrêt d'urgence ;
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

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

#### Conformité par rapport à l'article 16 - Matériaux combustibles ou inflammables

L'entreposage de ce type de matériaux est interdit dans les éoliennes.

#### Conformité par rapport à l'article 17 - Compétence du personnel

Le personnel amené à travailler sur le site éolien de Thennes sera formé sur les risques présentés par l'installation, les moyens mis en œuvre pour les éviter et les procédures d'urgence à appliquer.

#### Conformité par rapport aux articles 20 et 21 - Traitement des déchets

Les déchets générés par l'exploitation seront traités et si possible valorisés dans des centres adéquats. Aucun déchet ne sera brûlé à l'air libre.

#### Conformité par rapport à l'article 22 - Consignes de sécurité

Des consignes de sécurité sont déjà établies et portées à connaissance du personnel. Elles indiqueront :

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

- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

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

#### Conformité par rapport à l'article 23 - Système de détection contre les incendies

Chaque éolienne sera équipée d'un système de détection permettant d'alerter à tout moment l'exploitant ou un opérateur désigné en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse. Ces systèmes de détection fixés dans la partie supérieure des armoires électriques et sur le toit de la nacelle se déclenchent lorsqu'un capteur de fumée détecte de la fumée et/ou lorsque le capteur de température détecte un dépassement de seuil de température défini. Ils feront l'objet de vérifications lors des phases de maintenance notamment.

#### Conformité par rapport à l'article 24 - Moyen de lutte contre l'incendie

Chaque éolienne sera équipée de plusieurs systèmes d'alarmes et d'au moins deux extincteurs. En respect des normes en vigueur, deux extincteurs portatifs à poudre destinés à combattre les débuts d'incendies seront installés au pied du mât et dans la nacelle.

Rappelons en outre que la majeure partie de l'éolienne est constituée de matériaux non inflammables (mât en acier et fondation en béton, machines, freins, génératrice (...) en métal), et que les seuls composants inflammables sont les pales du rotor et la cabine (matière plastique renforcée de fibres de verre), les câbles et petites pièces électriques, les huiles mécaniques (combustibles mais non inflammables), les tuyaux et autres petites pièces en matière plastique et les accumulateurs.

#### Conformité par rapport à l'article 25 - Protection contre les jets de glace

Chaque éolienne sera équipée d'un système permettant de détecter la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Le capteur est installé sur le toit de la nacelle et mesure la température et l'humidité relative de l'air ambiant ; si les conditions dépassent certaines valeurs limites fixées d'avance par le service de météorologie, l'installation est arrêtée par l'ordinateur de commande.

Le système de contrôle procède par ailleurs à un arrêt automatique de l'éolienne s'il relève une inadéquation entre la puissance produite et la vitesse du vent (en cas de présence de glace ou de givre sur les pales, le rendement de la machine se trouve affecté).

#### Conformité par rapport aux articles 26, 27 et 28 - Protection contre le bruit

Des études ont été réalisées afin de s'assurer que le parc éolien de Thennes ne dépassera pas les valeurs d'émergences réglementaires. Ces résultats font apparaître un respect des seuils fixés par la réglementation, et ce quelles que soient les directions de vent considérées, leurs vitesses, de jour comme de nuit.

Lors de la phase chantier une attention particulière sera portée sur les possibles nuisances sonores.

#### **Normes et certifications applicables à l'installation**

Comme indiqué au chapitre 4.11.1, le type d'éolienne implanté sur le site de Thennes respectera les normes CEI 61 400 et NF EN 61 400-1 spécifiant les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégralité technique des éoliennes et fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie des aérogénérateurs.

#### **Organisation des services de secours en cas d'accident**

En cas d'incident, un système de détection permet d'alerter à tout moment l'opérateur. Ce dernier peut alors transmettre l'information aux services d'urgence compétents les plus proches dans un délai inférieur à 15 minutes.



## 5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

5.1	Potentiel de dangers liés aux produits .....	47
5.1.1	Identification des dangers .....	47
5.1.2	Principaux dangers .....	47
5.1.3	Indications particulières .....	47
5.1.4	L'inventaire des produits .....	47
5.2	Potentiel de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	48
5.3	Réduction des potentiels de danger à la source.....	48
5.3.1	Principales actions préventives .....	48
5.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles .....	49



Le potentiel de dangers est défini comme étant « un système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) "danger(s)" ; dans le domaine des risques technologiques, un "potentiel de danger" correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé »<sup>8</sup>.

Le potentiel de dangers est une « source de danger », un « élément dangereux », un « élément porteur de danger ». La libération de tout ou partie de ce potentiel constitue un « phénomène dangereux » ; le même glossaire indique en effet que « la libération d'énergie ou de substance produisant des effets [...] susceptibles d'infliger un dommage à des cibles vivantes ou matérielles sans préjuger l'existence de ces dernières » est un phénomène dangereux. Le phénomène dangereux est « une source potentielle de dommage, [...] une libération de tout ou partie d'un potentiel de danger ».

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc.

À l'issue de cette étape, les événements redoutés liés à chaque installation ou équipement d'exploitation peuvent être mis en évidence et les dangers localisés au sein des parcs éoliens.

L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, seront traitées dans l'analyse préliminaire des risques.

## 5.1 Potentiel de dangers liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Thennes utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien. Il s'agit de :

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

### 5.1.1 Identification des dangers

La fiche de données de sécurité (FDS) est un formulaire contenant des données relatives aux propriétés d'une substance chimique. La conception des FDS est régie par le règlement européen REACH<sup>9</sup> (n° 1907/2006).

Ces fiches sont surtout utilisées dans le cadre de la Santé et de la Sécurité au travail pour les opérateurs utilisant les produits. On y trouve donc des informations sur les propriétés physiques (température de fusion, température d'ébullition, point d'éclair, etc.), la toxicité, les effets sur la santé, les mesures d'aide d'urgence, la réactivité, le stockage, l'élimination, l'équipement de protection nécessaire ainsi que les mesures à prendre en cas d'écoulement accidentel.

### 5.1.2 Principaux dangers

Les principaux dangers sont renseignés dans les FDS à l'aide de pictogramme. On retrouve 6 types de dangers liés aux éléments chimiques présents dans l'éolienne ou utilisés lors de la maintenance :

- nocif ou irritant ;

- corrosif ;
- comburant ;
- inflammable ;
- dangereux pour l'environnement
- toxicité aigüe.

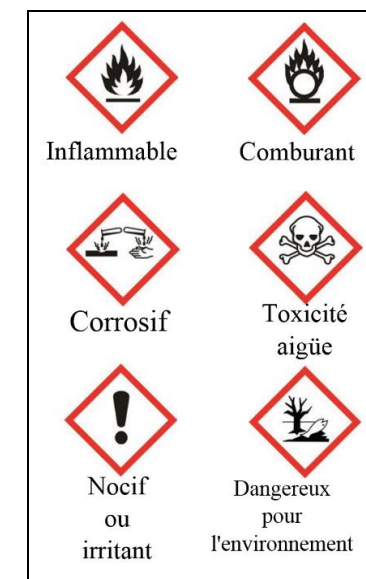
En ce qui concerne les éoliennes, on notera que tous les produits signalés « dangereux pour l'environnement » sont des produits d'entretien utilisés lors des opérations de maintenance : résines d'époxy pour la réparation des pales, liquide pour le nettoyage des freins, protection anticorrosion, peinture, mastic, etc.

### 5.1.3 Indications particulières

Les phrases de risque ("phrases R") sont des annotations présentes sur les FDS de produits chimiques qui indiquent les risques encourus lors de leur utilisation, de leur contact, de leur ingestion, de leur inhalation, de leur manipulation ou de leur rejet dans la nature ou l'environnement.

### 5.1.4 L'inventaire des produits

Les pictogrammes employés pour la représentation des dangers précités sont les suivants :



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

- l'huile pour le multiplicateur et le groupe hydraulique. Le volume contenu dans une éolienne dépasse généralement les 800 L. Ces huiles sont des produits non classés dangereux suivant la directive 1999/45/CEE ; ils peuvent néanmoins entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique et être irritants ;
- les graisses (engrenages, motoréducteurs, etc.) : une centaine de litre au maximum.

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

<sup>8</sup> Circulaire du 10/05/10 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

<sup>9</sup> Registration, evaluation and authorisation of chemicals, soit l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des produits chimiques.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien de Thennes sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents sur le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.
- **La toxicité** : ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.
- **La pollution** : en cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

## 5.2 Potentiel de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Le fonctionnement du parc éolien de Thennes peut être synthétisé à travers les opérations suivantes :

- production d'électricité ;
- transformation d'électricité ;
- transport d'électricité.

Les potentiels de dangers identifiés dans cette partie vont correspondre à des sources de dangers liées au dysfonctionnement des équipements, ou des éléments, de l'éolienne lors des opérations mises en œuvre.

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Thennes sont de cinq types :

- chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.) ;
- effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- échauffement de pièces mécaniques ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Les potentiels de dangers liés aux équipements et aux opérations du parc éolien de Thennes sont listés dans le tableau suivant :

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Échauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Énergie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Énergie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Énergie cinétique de projection
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Énergie cinétique de projection
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Énergie cinétique de chute

Tableau 11 : Potentiels de dangers retenus pour le projet éolien de Thennes

## 5.3 Réduction des potentiels de danger à la source

### 5.3.1 Principales actions préventives

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

#### 5.3.1.1 Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est généralement supérieure à 800 L (entre 800 et 1200 L) et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite en son sein. Le transformateur, qu'il soit présent dans la nacelle ou dans le mât de l'éolienne, ne nécessite pas de bac de récupération car un système sec est utilisé, il ne nécessite donc l'usage d'aucun lubrifiant.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site et à leur évacuation lors des phases de renouvellement. Les déchets polluants et toxiques doivent être éliminés conformément au code de l'environnement et à l'arrêté du 26 août 2011. Les déchets non polluants doivent être recyclés ou réutilisés.

#### 5.3.1.2 Réduction des dangers liés aux installations

##### 5.3.1.2.1 Choix de l'implantation de l'installation

Le choix de l'implantation des deux éoliennes de Thennes réside en la prise en compte des contraintes, notamment :

- **techniques** : évitement des réseaux de distribution et de transport de gaz, électricité et hydrocarbures ;
- **réglementaires** : respect d'un éloignement minimum de 500 mètres des zones urbaines exigées par l'arrêté ICPE en date du 26 août 2011 (article 3) ;
- **physiques** : absence de cours d'eau au droit du parc éolien ;
- **naturalistes et paysagères**, pour lesquelles les experts ont émis un certain nombre de recommandations (Cf. Étude d'impact sur l'environnement) ;
- **foncières**.

##### 5.3.1.2.2 Choix des caractéristiques des éoliennes

L'étude du gisement éolien est indispensable à la validation d'un projet pertinent et au dimensionnement des éoliennes mises en place. C'est notamment à partir de cette étude que se base le calcul de production énergétique du parc éolien.



La société VALECO mène des investigations sur le potentiel éolien local. Ces analyses ainsi que la configuration du site ont permis de déterminer un gabarit d'éoliennes adapté.

### 5.3.1.3 Réduction des dangers liés au personnel intervenant sur le site

Afin de réduire les risques d'accident du travail, tout le personnel amené à intervenir sur les éoliennes sera équipé avec le matériel nécessaire, et suivra une formation spécifique. Celle-ci concernera l'intervention sur les éléments électriques fonctionnant à haute tension et le risque incendie. Le personnel sera habilité à intervenir sur un départ de feu avec les extincteurs.

## 5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

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

**Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.**



## 6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

Dans ce chapitre nous nous attacherons à analyser l'accidentologie externe, recensant les accidents et incidents répertoriés dans le cadre d'activités ou d'équipements similaires.

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarii les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées pour l'analyse détaillée des risques.

6.1 Accidentologie externe .....	53	6.2 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expériences.....	62
6.1.1 Accidents et incidents en France .....	53	6.2.1 Analyse de l'évolution des accidents en France .....	62
6.1.2 Accidents et incidents dans le monde .....	60	6.2.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents .....	62
6.1.3 Analyse détaillée des incidents survenus en France .....	60	6.3 Limite de l'étude d'accidentologie .....	62
6.1.4 Autres accidents et incidents dans le monde .....	61		



## 6.1 Accidentologie externe

### 6.1.1 Accidents et incidents en France

Le tableau ci-après a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation de la trame type de l'étude de dangers des installations éoliennes. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et octobre 2017. Les accidents sont présentés par ordre chronologique. L'analyse des données est présentée par la suite.

Ce tableau est donc issu de l'étude de dangers type proposée par l'INERIS, dans le cadre des études liées au projet de parcs éoliens. Toutefois il a été complété et mis à jour en fonction des éléments lus dans la presse et publiés par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI). Au sein de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère du développement durable, le BARPI est chargé de rassembler et de diffuser les informations et le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques. Une équipe d'ingénieurs et de techniciens assure à cette fin le recueil, l'analyse, la mise en forme des données et enseignements tirés, ainsi que leur enregistrement dans la base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents). La base de données ARIA recense les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement.

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5 MW	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4 MW	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	0,66 MW	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85 MW	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75 MW	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)
Effondrement	01/01/2004	Le Portel - Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75 MW	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 kms.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage - Port de Dunkerque	Nord	0,3 MW	1996	Non	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 (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Rupture de pale	22/06/2004 et 08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75 MW	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère
Rupture de pale	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4 MW	?	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3 MW	2004	Non	Chute d'une pale de 20m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66 MW	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08 MW	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5 MW	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66 MW	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3 MW	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3 MW	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2 MW	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2 MW	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2 MW	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75 MW	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3 MW	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2 MW	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2 MW	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15 MW	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75 MW	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3 MW	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE
Manutention	15/02/2011	Grand Couronne	Seine Maritime	-	-	Oui	Lors du levage d'éléments d'éoliennes, 1 docker intérimaire est tué, écrasé entre 2 pylônes. La police effectue une enquête. Un magistrat se rend sur place.		Base de données du BARPI
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loire	2 MW	2008	Oui	Détachement d'une pale de 46 mètres		Article de presse (AFP 22/05/2012)
Projection de pale et fragments de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	450 kW	2001	non	6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha.	Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale.	Base de données du BARPI
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Somme	2,5 MW	2007	Oui	Au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains)		Base de données du BARPI
Projection de fragments de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,2 MW	1991	Non	Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.		Base de données du BARPI
Effondrement	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.		Base de données du BARPI
Chute d'éléments	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	Oui	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Incendie puis chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein du parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place.	Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court-circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.	Base de données du BARPI
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-De-La-Montagne	Aude	660 kW	2001	Non	A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.	Base de données du BARPI
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5 MW	2011	Oui	Des usagers de la N4 signalent un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Impact de foudre	20/06/2013	Labastide-Sur-Besorgues	Ardèche	2 MW	2006	Oui	Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.	Base de données du BARPI
Maintenance	01/07/2013	Cambon-Et-Salvergues	Hérault	1,3 MW	2006	Non	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pâles d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. Une partie de la visserie de la vanne de fermeture reste solidaire de l'embout et se dévisse avec lui. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents.	Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total. La survenue de l'accident malgré ce dispositif amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne	Base de données du BARPI
Maintenance	03/08/2013	Moreac	Morbihan	2 MW	2010	Oui	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m <sup>2</sup> . 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.		Base de données du BARPI
Incendie	09/01/2014	Antheyy	Ardennes	2,5 MW	2013	Oui	Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact.	La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.	Base de données du BARPI
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place.		Base de données du BARPI



Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05 MW	2012	Oui	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.	Rafales de vent.	Base de données du BARPI
Chute d'un élément de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3 MW	2002	Non	À leur arrivée sur le parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérovein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérovein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc.	En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.	Base de données du BARPI
Incendie	29/01/2015	Rémigny	Aisne	2,3 MW	2015	Oui	À 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. À cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80% de leur charge nominale.	Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.	Base de données du BARPI
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2,0 MW	2011	Oui	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.		Base de données du BARPI
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loire	2,3 MW	2007	Non	Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Chute du rotor	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5 MW	2007	Non	Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m <sup>2</sup> , sont ramassés.	Selon l'exploitant, les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté.	Base de données du BARPI
Chute d'éléments	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3 MW	2014	Oui	L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux.	Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.	Base de données du BARPI
Projection de fragments de pales	08/02/2016	Dinéault	Finistère	300 kW	1999	Non	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m.		Base de données du BARPI
Chute de pale	05/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	850 kW	2009	Oui	Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute.	L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale.	Base de données du BARPI
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	2,3 MW	2005	Non	À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite.	Base de données du BARPI
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1,2 MW	2008	Non	Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.	Base de données du BARPI
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2,0 MW	2014	Oui	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut.	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.	Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Incendie	24/08/2016	Santilly	Eure-et-Loir	2,5 MW	2007	Non	Un incendie s'est déclenché dans la nacelle d'une éolienne à 80 m de hauteur. Les services de secours ne pouvant accéder au foyer, ils l'ont laissé s'éteindre de lui-même en sécurisant la zone.	Origine non précisée.	Article de presse (La République du Centre 24/08/2016)
Maintenance	14/09/2016	Les Grandes-Chapelles	Aube	2,3 MW	2009	Oui	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.	Origine non précisée.	Base de données du BARPI
Projection d'une pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	600 kW	2002	Non	Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone et met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès.	L'éolienne était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité, les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive.	Base de données du BARPI
Chute d'une pale et projection d'éléments	18/01/2017	Nurlu	Somme	2,0 MW	2010	Oui	Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Des agents arrivent sur site à 11h30. Ils demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone. L'inspection des installations classées se rend sur place le lendemain. Elle constate que les 2/3 de la pale sont brisés mais que son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m.	Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute.	Base de données du BARPI
Projection d'un morceau de pale	27/02/17	Lavallée	Meuse	2,0 MW	2011	Oui	Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise.	Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien. L'exploitant a découvert la casse le lendemain en se rendant sur place pour remettre le parc en service.	Base de données du BARPI
Projection d'une pale	27/02/17	Trayes	Deux-Sevres	2,0 MW	2011	Oui	Vers 22 h, le système d'exploitation du parc éolien émet des alarmes portant sur une éolienne : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.	L'exploitant envisage les facteurs suivants, seuls ou combinés, comme cause du bris de pale : - défaut au niveau du bord d'attaque de la pale ; - impact de la foudre ; - fortes rafales de vent.	Base de données du BARPI
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	3,0 MW	2014	Oui	La nacelle d'une éolienne a pris feu propageant l'incendie au rotor. 30 pompiers sont intervenus pour mettre en place un périmètre de sécurité et une déviation sur la D336. Les autres éoliennes du parc ont été mises à l'arrêt.	Défaillance technique.	Article de presse (L'Echo Républicain 06/06/2017)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	Département	Puissance unitaire	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information
Maintenance	26/10/2017	Vaux-les-Mouzon	08	2,3 MW	2008	Non	Mort d'un technicien lors d'une opération de maintenance.	Selon les premiers éléments de l'enquête, l'une des sangles du harnais que portait le technicien aurait été happée par l'ascenseur situé dans le mat de l'éolienne alors qu'il assurait la maintenance à 100 mètres de hauteur, privilégiant ainsi la thèse de l'accident du travail.	Article de presse (Radio 8, 28/10/2017)
Chute d'éolienne	01/01/2018	Bouin	85	2,5 MW	2003	Non	Une éolienne s'est effondrée en totalité, sectionnée à la base de son mât. Aucune personne n'a été blessée.	L'hypothèse d'une mini tornade survenue lors de la tempête Carmen est étudiée.	Articles de presse (Ouest-France et LCI, 01/01/2018)

Tableau 12 : Accidentologie recensée entre les années 2000 et octobre 2017 (Sources : base de données ARIA et articles de presse)

## 6.1.2 Accidents et incidents dans le monde

Plusieurs inventaires, de natures différentes, tentent de recenser les incidents intervenus sur des parcs éoliens à travers le monde :

- un inventaire des incidents en Allemagne, Pays-Bas et Danemark entre 1997 et 2000 par une association de protection de la nature allemande ;
- une étude danoise publiée par Windstats Newsletter sur l'ensemble du parc Danois entre 1993 et 2003 ;
- un inventaire des incidents dans le monde par M. Paul Gide (USA) entre 1970 et 2003.

Une synthèse recoupant ce type d'information à travers le monde a été réalisée par un collectif écossais indépendant (Caithness Windfarm Information Forum) sur la période 1975 à 2006. Bien que non exhaustive, cette synthèse donne un bon aperçu de la typologie des accidents et de leurs conséquences. Les éléments à retenir sont les suivants :

- aucun accident mortel, touchant le public, direct n'a été répertorié ;
- la majorité des incidents répertoriés (33 %) sont dus à la défaillance de la pale et résultent en la projection de pale entière ou de fragments de pale ;
- les incendies sont la deuxième occurrence de causes d'incidents répertoriés (15 %) ;
- les défaillances structurelles sont la troisième occurrence de cause d'incidents répertoriés (12 %) ;
- la projection de blocs de glace concerne 7 % des incidents répertoriés.

## 6.1.3 Analyse détaillée des incidents survenus en France

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

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

- rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- base de données ARIA du Ministère du Développement durable (<http://www.aria.developpementdurable.gouv.fr/>) ;

- communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- articles de presse divers ;
- données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

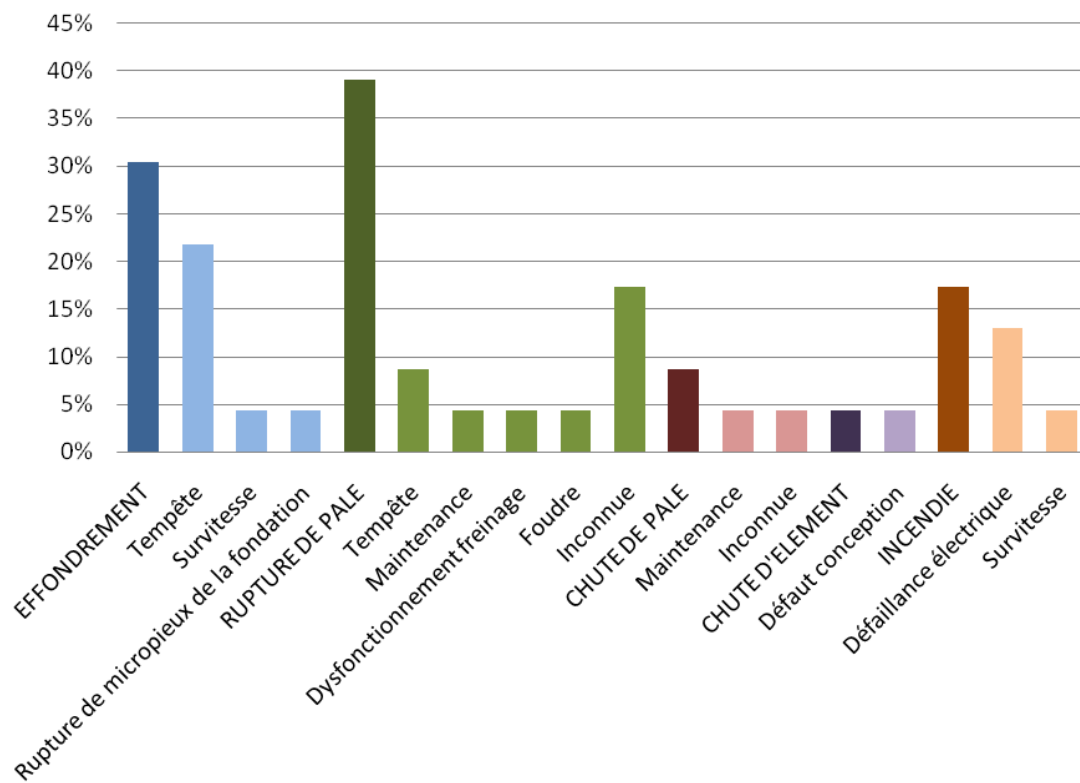
Dans l'état actuel, la base de données actuelle apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 32 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2010 lors de l'élaboration de l'étude de danger type. Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail formé par des exploitants et des constructeurs.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. Dans ce graphique sont présentés :

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

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



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

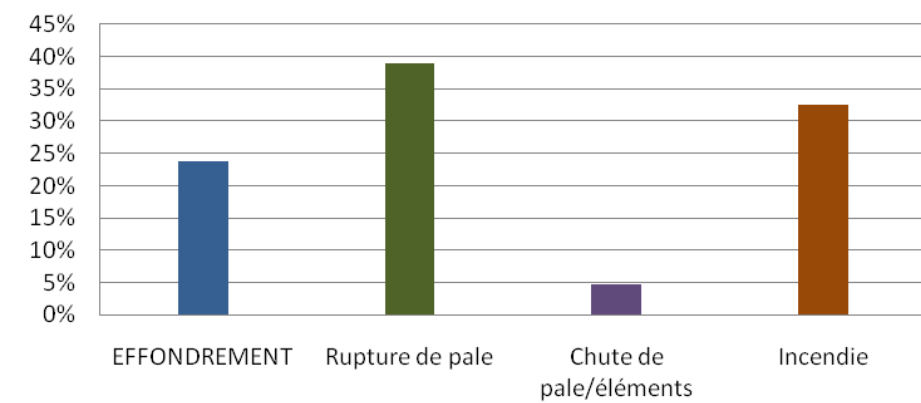
### 6.1.4 Autres accidents et incidents dans le monde

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

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de 236 accidents dans le monde issus des descriptions de 994 accidents proposés par le CWIF : sur les 994 accidents, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs » - les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. (Source : trame type Etude des Dangers INERIS).

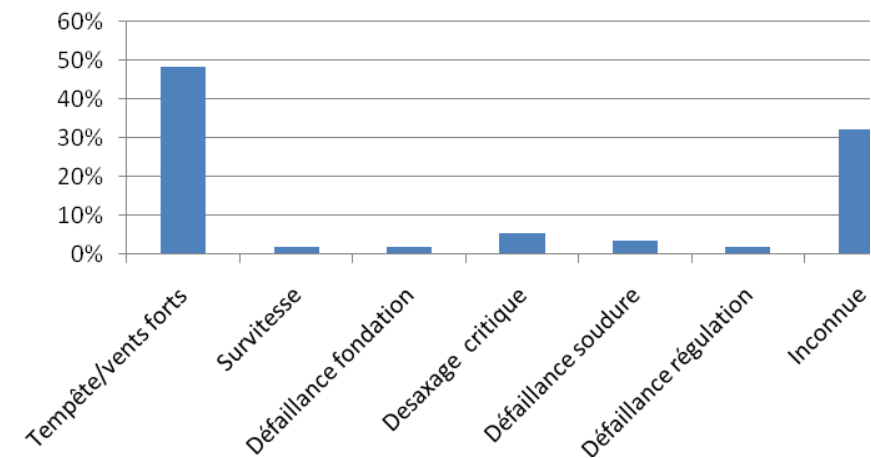
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

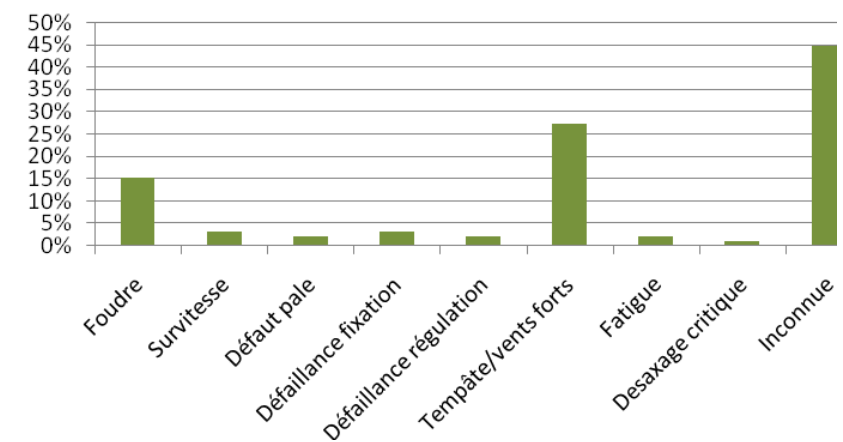


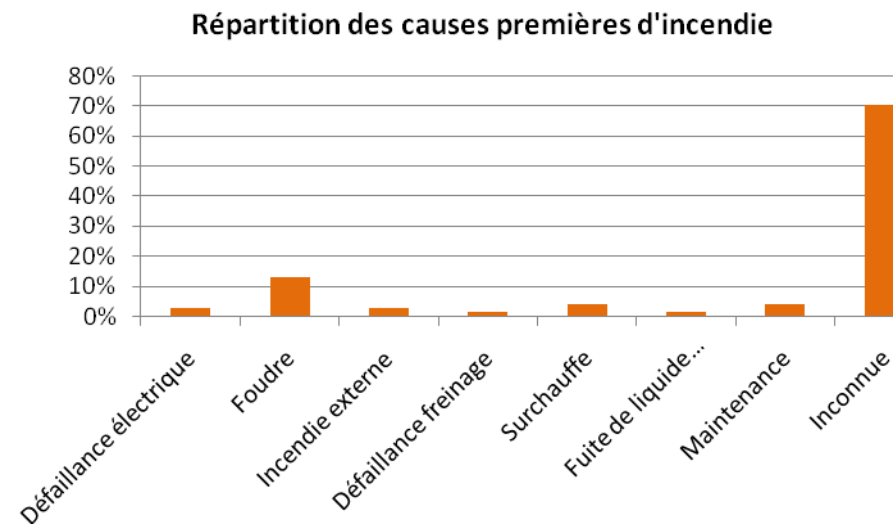
Ci-après est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières de rupture de pale





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

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

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

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

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

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

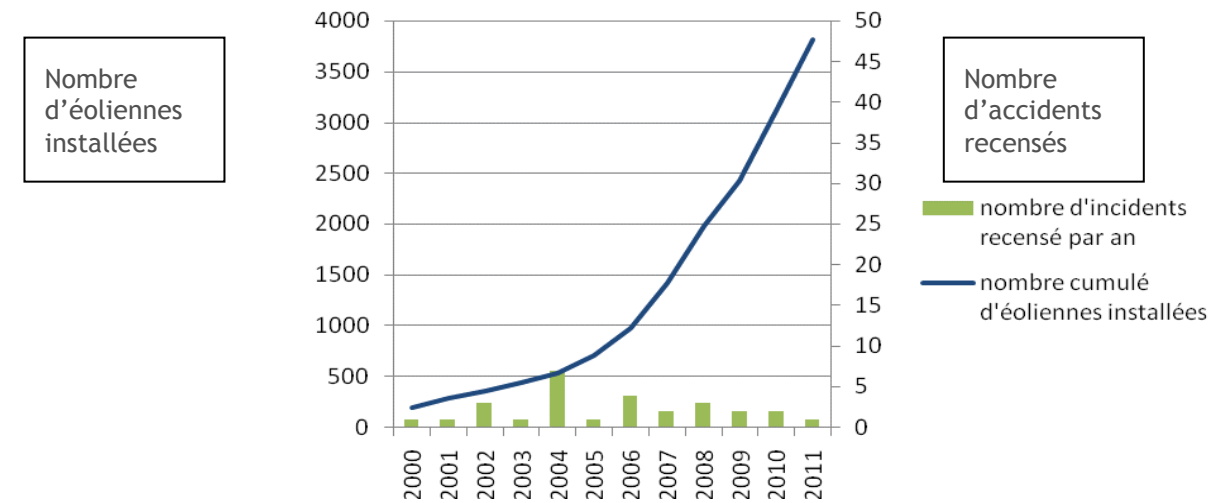


Illustration 5 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées sur la période 2000-2011

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

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

- effondrements ;
- ruptures de pales ;
- chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- incendie.

### 6.3 Limite de l'étude d'accidentologie

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

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

## 7 ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'objectif de cette partie est de guider le lecteur dans la réalisation de sa propre analyse de risque. Les outils d'analyse des risques sont nombreux : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités (AMDEC), Analyse Préliminaire des Risques (APR), Hazard and Operability Study (HAZOP), etc. Dans son guide, l'INERIS propose l'utilisation de la méthode d'Analyse Préliminaire des Risques qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques .....	65
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques .....	65
7.3	Recensement des agressions externes potentielles .....	65
7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines .....	65
7.3.2	Agressions externes liées à des phénomènes naturels.....	66
7.4	Scenarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	66
7.5	Effets dominos .....	69
7.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	69
7.6.1	Les définitions.....	69
7.6.2	Les mesures.....	70
7.7	Conclusion de l'Analyse Préliminaire des Risques .....	72





## 7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse préliminaire des risques a pour objectif principal d'identifier les *scenarii* d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces *scenarii* de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les *scenarii* d'accidents potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

Les *scenarii* d'accidents sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les *scenarii* d'accidents qui présentent des conséquences limitées et les *scenarii* d'accidents majeurs - ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes tierces.

## 7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

Comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques :

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

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

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

## 7.3 Recensement des agressions externes potentielles

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

### 7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines. La colonne « Distance maximale » indique la distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel :

Infrastructure	Fonction	Évènement redouté	Danger potentiel	Distance maximale	Distance à l'éolienne la plus proche
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Route à 240 m du mât d'E2
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Aucun aérodrome recensé dans un périmètre de 2 000 m <sup>10</sup>
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne THT recensée dans un périmètre de 200 m (uniquement des lignes 20 000 V enterrées)
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E1 - E2 : 287 m ;</li> <li>▪ E2 - Éolienne la plus au nord du parc du Chêne Courteau : 410 m</li> </ul>

Agressions externes non retenues dans le cadre du parc éolien de Thennes

Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

<sup>10</sup> Source : Géoportail, utilisation de la couche « Aéroports et aérodromes ».

## 7.3.2 Agressions externes liées à des phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 57,6 km/h (16 m/s), à 10 m de hauteur, est de 43,7 par an et le nombre moyen de jours avec des rafales supérieures à 100,8 km/h (28 m/s) est inférieur à 1 jour par an (source : Météo France, station d'Amiens-Glisy)
Foudre	Sur le site, les statistiques de foudroiement sont les suivantes (source : site internet Météorage) : 1,10 impact/km <sup>2</sup> /an (contre 1,12 pour la moyenne française). Le modèle d'éoliennes retenu respectera le standard IEC 61400-24 (Juin 2010)
Mouvements de terrains	Les éoliennes de Thennes sont concernées par un aléa retrait-gonflement des argiles « faible » et aucune cavité souterraine n'a été identifiée sur leur territoire d'implantation.

Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Remarque : Les agressions externes liées à des :

- inondations ;
- incendies de forêt ou de cultures ;
- séismes (aléa modéré sur le secteur d'études) ;

ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même (Source : trame type Étude des Dangers INERIS).

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

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

## 7.4 Scenarii étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Une fois recensés les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau en page suivante présente une analyse générique des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

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

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

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

Les différents scénarii listés dans le tableau générique de l'Analyse Préliminaires des Risques sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expériences (« G » pour les scénarii concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
<b>« G » les scenarii concernant la glace</b>						
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace face aux enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace face aux enjeux	2
<b>« I » les scenarii concernant l'incendie</b>						
I01	Humidité/Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice Pièce défectueuse Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques défavorables	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
<b>« F » les scenarii concernant les fuites</b>						
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement d'huile hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
<b>« C » les scenarii concernant la chute d'éléments de l'éolienne</b>						
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N°9)	Impact	1
C03	Défaut fixation nacelle - pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N°9)	Impact	1
<b>« P » les scenarii concernant les risques de projection</b>						
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue - Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (n°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur de maintenance	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N°9)	Impact sur cible	2

N°	Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	Évènement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
<b>« E » les scenarii concernant les risques d'effondrement</b>						
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N° 13)	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N° 12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N° 13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N° 11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale - mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les erreurs de maintenance (N° 10)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N° 12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N° 13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N° 11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale - mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les erreurs de maintenance	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 15 : Tableau de l'analyse générique des risques

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scenarii d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.

## 7.5 Effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ». Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-avant.

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

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, l'INERIS a proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation classée pour la protection de l'environnement que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres. Dans le cadre du projet de Thennes, aucune installation classée n'est identifiée à moins de 100 m de chaque aérogénérateur ; en effet, l'installation la plus proche est le parc éolien du Chêne Courteau dont l'aérogénérateur le plus proche est distant de 410 mètres de la turbine n°2. **L'évaluation des effets dominos n'est donc pas nécessaire dans la présente étude.**

## 7.6 Mise en place des mesures de sécurité

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants présentent les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes. Ces tableaux sont génériques et constituent un « cahier des charges » des mesures typiques mises en œuvre sur les aérogénérateurs en France.

### 7.6.1 Les définitions

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui seront détaillés sont donc les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-après un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse préliminaire de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité devront être présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires, pour permettre à l'inspection de comprendre leur fonctionnement.

- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarii d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
  - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur.
  - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
  - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
  - une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assigné. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite.
- **Test (fréquence)** : Il s'agit ici de reporter les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse doivent être réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : Il s'agit ici de fournir la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

## 7.6.2 Les mesures

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (< 60 min), conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine. Éloignement des zones habitées et fréquentées.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines. (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 % Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	Non applicable		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	Non applicable		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et/ou d'un frein mécanique auxiliaire (frein à disque à commande hydraulique présent sur l'arbre rapide du multiplicateur).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection inférieur à 60 secondes. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 - 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. Intervention des services de secours.		
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'alarme. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huile Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualifiées		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	Mise en place d'audits afin de s'assurer des bonnes pratiques ou des inspections pendant les interventions		
Maintenance	Non applicable		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 60 secondes		
Efficacité	100 %.		
Tests	Test over speed (préventif annuel)		
Maintenance	RAS		

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

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

## 7.7 Conclusion de l'Analyse Préliminaire des Risques

À l'issue de l'Analyse Préliminaire des Risques, l'étude de dangers doit préciser quels *scenarii* sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques.

Dans le cadre de l'Analyse Préliminaire des Risques générique, trois catégories de *scenarii* sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité ; il s'agit des incendies d'éoliennes, des incendies des postes de livraison ou des transformateurs et de l'infiltration d'huile dans le sol en raison du risque de pollution des nappes utilisées pour l'alimentation en eau potable :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.  Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie des postes de livraison ou des transformateurs	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011) et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200.

Tableau 16: Scenarii exclus de l'analyse détaillée des risques (source INERIS)

### ❖ Cas de l'infiltration d'huile dans le sol :

Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques **sauf en cas d'implantation du projet dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.**

Dans le cadre du projet éolien de Thennes, **aucun aérogénérateur ou autre aménagement du parc n'est concerné par un quelconque périmètre de protection associé à un captage d'eau potable.**

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle. Une attention particulière est à porter aux mesures préventives en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable. Dans ce cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe

phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

Deux scénarios de fuite d'huile sont possibles :

→ Fuite de l'éolienne (système de lubrification, convertisseur, transformateur)

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne. Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

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

De plus le risque est généralement réduit, car toute fuite est confinée à l'intérieur de l'éolienne dans un bac de rétention.

→ Renversement de fluides lors des opérations de maintenance

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

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

- kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence ;
- sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits.

**La mise en place de ces différentes mesures de précautions permet d'écarter le scénario d'infiltration d'huile dans le sol pour l'étude détaillée des risques.**

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

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

Ces *scenarii* regroupent plusieurs causes et séquences d'accidents. 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 ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

8.1	Rappel des définitions.....	75	8.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	85
8.1.1	Cinétique .....	75	8.3.1	Tableau de synthèse des <i>scenarii</i> étudiés.....	85
8.1.2	Intensité .....	75	8.3.2	Synthèse d'acceptabilité des risques.....	85
8.1.3	Gravité .....	75	8.3.3	Cartographie des risques .....	85
8.1.4	Probabilité .....	76			
8.2	Caractérisation des <i>scenarii</i> retenus .....	76			
8.2.1	Effondrement de l'éolienne.....	77			
8.2.2	Chute de glace .....	79			
8.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne.....	80			
8.2.4	Projection de pales ou de fragments de pales .....	82			
8.2.5	Projection de glace .....	84			



## 8.1 Rappel des définitions

Comme la réglementation l'impose aux exploitants, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude détaillée des risques en fonction des paramètres suivants :

- cinétique ;
- intensité ;
- gravité ;
- probabilité.

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

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

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

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers. Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

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

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

L'étude porte donc sur la probabilité que l'accident se produise, la vitesse avec laquelle il produit des effets et à laquelle les secours sont en mesure d'intervenir (cinétique), l'effet qu'il aura s'il se produit (intensité) et le nombre de personnes exposées (gravité).

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

### 8.1.1 Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005<sup>11</sup>, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

### 8.1.2 Intensité

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

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, et décroît en fonction de la distance (par exemple par incendie ou une explosion). Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

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

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

### 8.1.3 Gravité

Les niveaux de gravité à retenir dans une étude de dangers sont décrits dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005. Ils sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

<sup>11</sup> Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

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

### 8.1.4 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 *scenarii* d'accident majeur :

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

Tableau 17 : Échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable)

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, la probabilité de chaque évènement 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 évènement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet évènement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

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

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

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

$P_{\text{ERC}}$  = probabilité que l'évènement 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'évènement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)

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

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

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

### 8.2 Caractérisation des *scenarii* retenus

Évènement	Mode de défaillance	Scenario
Survitesse de l'éolienne et perte de tout ou partie de pale	Déséquilibre de l'éolienne	Effondrement de la machine
Erreur dans la conception des fondations	Mauvais dimensionnement ou mauvaise mise en œuvre des fondations	Effondrement de la machine
Inondation par remontée de nappe	Fragilisation et fatigue de la structure	Effondrement de la machine
Retrait et gonflement des argiles / cavités souterraines	Fragilisation et fatigue de la structure	Effondrement de la machine
Sortie de route d'un véhicule et collision avec l'éolienne	Fragilisation et fatigue de la structure	Effondrement de la machine
Neige et grand froid	Formation de givre sur les pales	Chute ou projection de blocs de glace
Foudre et présence d'eau dans la pale	Vaporisation de l'eau présente dans la pale	Perte de tout ou partie de pale
Erreur de conception	Faiblesse de la structure ou de la fixation de la pale	Perte de tout ou partie de pale
Erreur humaine : non-respect ou insuffisance des règles d'exploitation et de maintenance	Survitesse de l'éolienne	Perte de tout ou partie de pale
Vents violents et défaillance du système de sécurité	Survitesse de l'éolienne	Perte de tout ou partie de pale

Tableau 18 : Identification des *scenarii* pouvant entraîner des accidents majeurs

Pour rappel, comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques :

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

#### Hypothèses de calcul retenues

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base principalement sur l'Annexe 1 du guide de l'INERIS : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (Cf. chapitre 10.1).

Sur la zone du projet nous considérons que les enjeux sont localisés :

- sur les **terrains non aménagés et très peu fréquentés** (champs, prairies, forêts, friches) : une exposition d'une personne pour 100 ha ;
- sur les **voies de circulation non structurantes** dont le trafic est inférieur à 2 000 véhicules/jour (ensemble des chemins carrossables de la zone d'étude des dangers dont les pistes d'accès aux éoliennes et les plateformes prolongeant leurs tracés) : une exposition d'une personne pour 10 ha. La largeur retenue de ces voies sera de 5 m ;
- sur les **chemins de randonnée** (Voie communale n°1 (VC n°1) de Thennes à Villers-aux-Érables) : une exposition de 124,6 promeneurs/randonneurs par tranche de 1 000 km (source : Observatoire des chemins<sup>12</sup>), soit une exposition de **0,13 personne pour 1 km** ;
- au droit de l'**éolienne du parc du chêne Courteau** interceptée par la zone d'étude des dangers : une exposition de **1,06 personne permanente**.

## 8.2.1 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 180,0 m dans le cas des éoliennes du parc de Thennes.

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

### 8.2.1.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Thennes. R est le rayon du rotor (R = 63 m), H la hauteur du moyeu (H = 117 m), L la largeur du mât (L = 5 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 180,0 m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = H \times L + 3 \times R \times LB / 2$	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$	$Z_i / Z_e$	-
963 m <sup>2</sup>	101 787,6 m <sup>2</sup>	0,95 % (x < 1 %)	Exposition modérée

L'intensité est nulle au-delà de la zone d'effondrement (rayon de 180 m) et modérée dans celle-ci.

### 8.2.1.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du chapitre 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

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

<sup>12</sup> Moyenne sur le département de la Somme d'après « l'Observatoire des chemins » : <http://www.observatoire-chemins.org/> . Ce résultat inclut tous les usagers : randonneurs pédestres, motards, Vététistes, exploitants agricoles et forestiers, utilisateurs de quads, de 4X4, promeneurs, cavaliers, gardes chasse et agents ONF.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 180,0 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,1 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,11	Modérée
	0,009 (Piste d'accès à l'éolienne E1 : linéaire de 170 m et son prolongement plateforme : 210 m <sup>2</sup> )		
E2	0,1 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,11	Modérée
	0,01 (Piste d'accès à l'éolienne E2 : linéaire de 235 m et son prolongement plateforme : 210 m <sup>2</sup> )		

Tableau 19 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque d'effondrement d'éolienne

### 8.2.1.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines <sup>13</sup>	4,5 x 10 <sup>-4</sup>	Retour d'expérience
Spécification of minimum distances <sup>14</sup>	1,8 x 10 <sup>-4</sup> (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>15</sup>, soit une probabilité de 4,47 x 10<sup>-4</sup> par éolienne et par an.

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

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

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

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;

<sup>13</sup> Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

<sup>14</sup> Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004

<sup>15</sup> Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations - un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

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

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

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

### 8.2.1.5 Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées et dans le cas où plus de dix 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.

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 180,0 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable

Tableau 20 : Acceptabilité du risque d'effondrement d'éolienne

### Acceptabilité du scénario d'effondrement d'éolienne

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est très inférieur à 10 personnes pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

## 8.2.2 Chute de glace

### 8.2.2.1 Considérations générales

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

Selon l'étude WECO<sup>16</sup>, une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

### 8.2.2.2 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Thennes, la zone d'effet a donc un rayon de **63 mètres**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

### 8.2.2.3 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Thennes.  $Z_i$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $R$  est le rayon du rotor ( $R = 63$  m),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG = 1$  m<sup>2</sup>).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol = 63 m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_i / Z_E$	-
1 m <sup>2</sup>	12 468,98 m <sup>2</sup>	0,008 % ( $x < 1$ %)	Exposition modérée

L'intensité est nulle hors de la zone de survol et modérée dans celle-ci.

### 8.2.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;

- entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol = 63 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,012 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,017	Modérée
	0,005 (Piste d'accès à l'éolienne E1 : linéaire de 50 m et son prolongement plateforme : 210 m <sup>2</sup> )		
E2	0,012 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,019	Modérée
	0,007 (Piste d'accès à l'éolienne E2 : linéaire de 90 m et son prolongement plateforme : 210 m <sup>2</sup> )		

Tableau 21 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute de glace

### 8.2.2.5 Probabilité

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

### 8.2.2.6 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1. 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 tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Thennes, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol = 63 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable

Tableau 22 : Acceptabilité du risque de chute de glace

<sup>16</sup> Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

### Acceptabilité du scénario de chute de glace

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué précédemment, qui est très inférieur à 1 personne pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

## 8.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

### 8.2.3.1 Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit 63 m.

### 8.2.3.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Thennes. « d » est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet, R est le rayon du rotor ( $R = 63$  m) et LB la largeur de la base de la pale ( $LB = 4$  m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol = 63 m)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	-
126 $m^2$	12 468,98 $m^2$	1,01 % (1 % < x < 5 %)	Exposition forte

L'intensité en dehors de la zone de survol est nulle et forte dans celle-ci.

### 8.2.3.3 Gravité

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

- plus de 100 personnes exposées : « Désastreux » ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- entre 1 et 10 personnes exposées : « Important » ;
- au plus une personne exposée : « Sérieux » ;
- pas de zone de létalité en dehors de l'établissement : « Modéré ».

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



Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol = 63 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,012 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,017	Sérieuse
	0,005 (Piste d'accès à l'éolienne E1 : linéaire de 50 m et son prolongement plateforme : 210 m <sup>2</sup> )		
E2	0,012 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,019	Sérieuse
	0,007 (Piste d'accès à l'éolienne E2 : linéaire de 90 m et son prolongement plateforme : 210 m <sup>2</sup> )		

Tableau 23 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute d'éléments de l'éolienne

### Acceptabilité du scénario de chute d'éléments de l'éolienne

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est très inférieur à 10 personnes pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

### 8.2.3.4 Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit  $4,47 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

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

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

### 8.2.3.5 Acceptabilité

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol = 63 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Acceptable
E2	Sérieuse	Acceptable

Tableau 24 : Acceptabilité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

## 8.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

### 8.2.4.1 Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée au chapitre 6.2, la distance maximale relevée et vérifiée pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne<sup>17</sup>.

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

- 1 300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006 ;
- 1 000 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 distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.

Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais 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<sup>18</sup>.

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.

### 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 (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du parc éolien de Thennes. « d » est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet, R est le rayon du rotor (R = 63 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 4 m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB / 2$	$Z_E = \pi \times 500^2$	$d = Z_I / Z_E$	-

<sup>17</sup> Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

<sup>18</sup> Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005 et Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
126 m <sup>2</sup>	785 398 m <sup>2</sup>	0,016 % x < 1 %	Exposition modérée

### 8.2.4.3 Gravité

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

- plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,79 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,96	Modérée
	0,037 (Chemin carrossable (VC n° 1) : linéaire de 745 m)		
	0,034 (Pistes d'accès aux éoliennes E1 et E2 : linéaire de 605 m et leurs prolongements plateforme : 420 m <sup>2</sup> )		
	0,097 (Chemin de randonnée (VC n° 1) : linéaire de 745 m)		
E2	0,79 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	2,06	Sérieuse
	0,06 (Chemins carrossables (VC n° 1 et chemin rural de Domart-sur-la-Luce à Moreuil : linéaire de 1 220 m))		
	0,039 (Pistes d'accès aux éoliennes E1 et E2 : linéaire de 700 m et leurs prolongements plateforme : 420 m <sup>2</sup> )		
	0,007 (Piste d'accès à l'éolienne du parc du Chêne Courteau : linéaire de 135 m)		
	1,06 (Éolienne du parc du Chêne Courteau)		
	0,108 (Chemins de randonnée (VC n° 1) : linéaire de 835 m)		

Tableau 25 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de pale ou de fragment de pale

### 8.2.4.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project <sup>19</sup>	1 x 10 <sup>-6</sup>	Respect de l'Eurocode EN 1990 - Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines <sup>20</sup>	1, 1 x 10 <sup>-3</sup>	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances <sup>21</sup>	6,1 x 10 <sup>-4</sup>	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit 7,66 x 10<sup>-4</sup> 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 » : « Évènement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

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

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

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

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

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

### 8.2.4.5 Acceptabilité

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

*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.*

<sup>19</sup> Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project - Case study - Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

<sup>20</sup> Guide for risk based zoning of wind turbines, Enregy research centre of the Netherlands (ENC), H.Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

<sup>21</sup> Spécification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004

*Le cas échéant, des mesures de sécurité supplémentaires pourront être mises en place pour améliorer l'acceptabilité du risque.*

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Sérieuse	Acceptable

Tableau 26 : Acceptabilité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

#### Acceptabilité du scénario de projection de pale ou de fragment de pale

**Compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effet indiqué plus haut, qui est très inférieur à 1 000 personnes pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.**

## 8.2.5 Projection de glace

### 8.2.5.1 Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence (Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003) propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures. À défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace. Cette distance est de **364,5 m** dans le cas du projet de Thennes.

### 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 (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de Thennes. « d » est le degré d'exposition, Z<sub>i</sub> la zone d'impact, Z<sub>e</sub> la zone d'effet, R est le rayon du rotor (R = 63 m), H la hauteur au moyeu (H = 117 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne = 364,5 m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z <sub>i</sub> = SG	Z <sub>e</sub> = π x (1,5*(H+2R)) <sup>2</sup>	d = Z <sub>i</sub> /Z <sub>e</sub>	-
1 m <sup>2</sup>	417 392,78 m <sup>2</sup>	0,00024 % (x < 1%)	Exposition modérée

### 8.2.5.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone de 315 m autour de l'éolienne :

- plus de 1000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne = 364,5 m)			
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E1	0,42 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,51	Modérée
	0,018 (Chemin carrossable (VC n°1) : linéaire de 355 m)		
	0,025 (Pistes d'accès aux éoliennes E1 et E2 : linéaire de 420 m et leurs prolongements plateforme : 420 m <sup>2</sup> )		
	0,046 (Chemins de randonnée (VC n°1) : linéaire de 355 m)		
E2	0,42 (Terrains non aménagés et très peu fréquentés : champs, prairies, forêts, friches)	0,56	Modérée
	0,032 (Chemins carrossables (VC n°1 et chemin rural de Domart-sur-la-Luce à Moreuil : linéaire de 635 m))		
	0,039 (Pistes d'accès aux éoliennes E1 et E2 : linéaire de 700 m et leurs prolongements plateforme : 420 m <sup>2</sup> )		
	0,068 (Chemins de randonnée : linéaire de 525 m)		

Tableau 27 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de morceaux de glace

### 8.2.5.4 Probabilité

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

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

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

### 8.2.5.5 Acceptabilité

#### 8.2.5.5.1 Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de risque de projection de glace = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne = 364,5 m)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable

Tableau 28 : Acceptabilité du risque de projection de morceaux de glace

**Acceptabilité du scénario de projection de morceaux de glace**

Compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est très inférieur à 10 personnes pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacun des aérogénérateurs. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

## 8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

### 8.3.1 Tableau de synthèse des scénarii étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque aérogénérateur, l'ensemble des scénarii étudiés et les paramètres de cinétique, intensité, gravité et probabilité qui leur sont associés.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque de 180,0 m de rayon (hauteur de l'éolienne en bout de pale) autour du mât de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Modérée Pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Disque de 63 m de rayon (zone de survol du rotor) autour du mât de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	A (événement courant)	Modérée Pour toutes les éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne	Disque de 63 m de rayon (zone de survol du rotor) autour du mât de l'éolienne	Rapide	Exposition forte	C (improbable)	Sérieuse Pour toutes les éoliennes
Projection de pale ou de fragment de pale	Disque de 500 m de rayon autour du mât de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (rare)	Modérée Pour l'éolienne E1 Sérieuse Pour l'éolienne E2
Projection de glace	Disque de 364,5 m (1,5 x (H + 2R)) autour du mât de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B (probable)	Modérée Pour toutes les éoliennes

Tableau 29 : Tableau de synthèse des scénarii étudiés

### 8.3.2 Synthèse d'acceptabilité des risques

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection de pale (E2)	Chute d'éléments de l'éolienne		
Modéré		- Effondrement éolienne - Projection de pale (E1)		Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non Acceptable

Tableau 30 : Matrice d'acceptabilité des scénarii étudiés

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- seuls deux types d'accidents figurent en case jaune (risque faible et acceptable), il s'agit des scénarii de « chute de glace » et de « chute d'éléments de l'éolienne », et ce, pour tous les aérogénérateurs. Pour ces types d'accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées au chapitre 7.6 sont mises en place.

Le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes au vu des données de fréquentation connues et/ou estimées. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

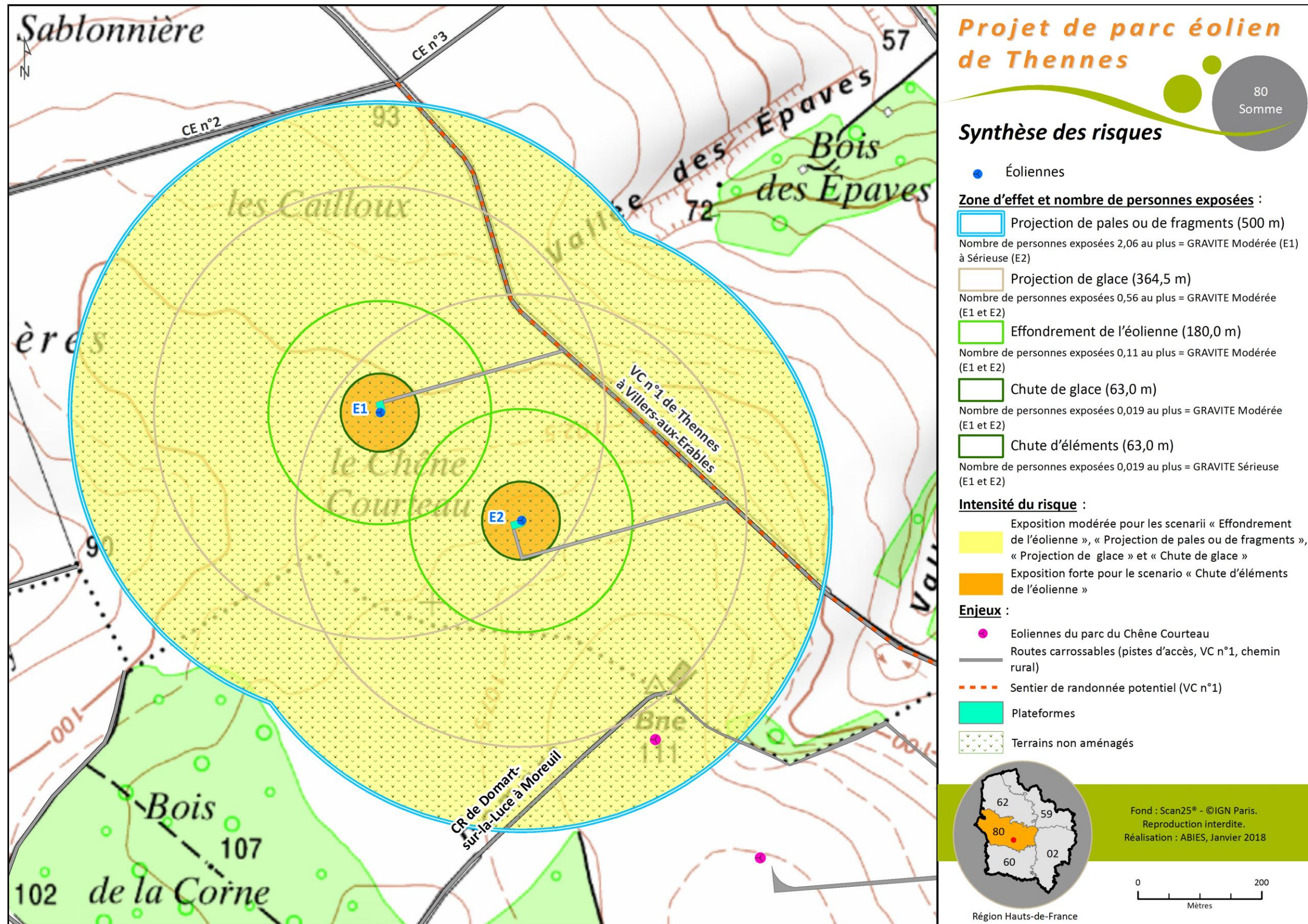
À la lumière des conclusions ci-dessus, nous pouvons conclure que le parc éolien de Thennes présente des risques acceptables.

### 8.3.3 Cartographie des risques

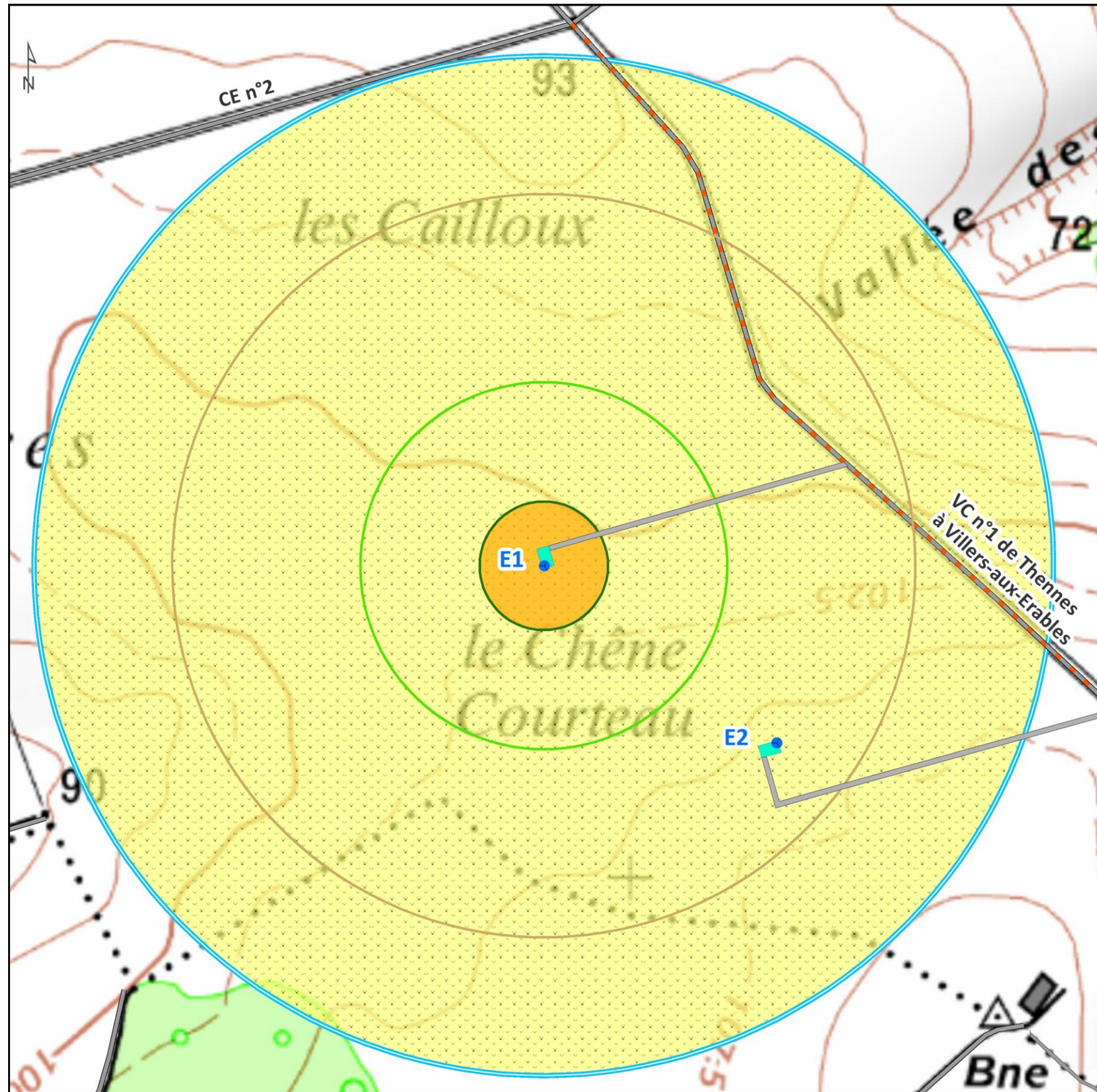
La carte de synthèse ci-après présente, pour les cinq scénarii analysés :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chacun de ces phénomènes ;
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet ;
- les distances maximales des zones d'effets.

Cette carte de synthèse est ensuite déclinée pour chacun des deux aérogénérateurs du parc éolien de Thennes.



Carte 13 : Carte de synthèse des risques pour les éoliennes de Thennes



## Projet de parc éolien de Thennes

80  
Somme

### Synthèse des risques Éolienne E1

● Éoliennes

#### Zone d'effet et nombre de personnes exposées

Projection de pales ou de fragments (500 m)

Nombre de personnes exposées 0,96 = GRAVITE Modérée

Projection de glace (364,5 m)

Nombre de personnes exposées 0,51 = GRAVITE Modérée

Effondrement de l'éolienne (180,0 m)

Nombre de personnes exposées 0,11 = GRAVITE Modérée

Chute de glace (63,0 m)

Nombre de personnes exposées 0,017 = GRAVITE Modérée

Chute d'éléments (63,0 m)

Nombre de personnes exposées 0,017 = GRAVITE Sérieuse

#### Intensité du risque :

Exposition modérée pour les scénarii « Effondrement de l'éolienne », « Projection de pales ou de fragments », « Projection de glace » et « Chute de glace »

Exposition forte pour le scénario « Chute d'éléments de l'éolienne »

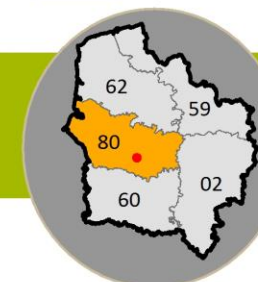
#### Enjeux :

Routes carrossables (pistes d'accès, VC n°1)

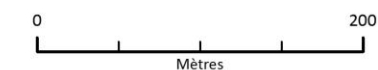
Sentier de randonnée potentiel (VC n°1)

Plateformes

Terrains non aménagés

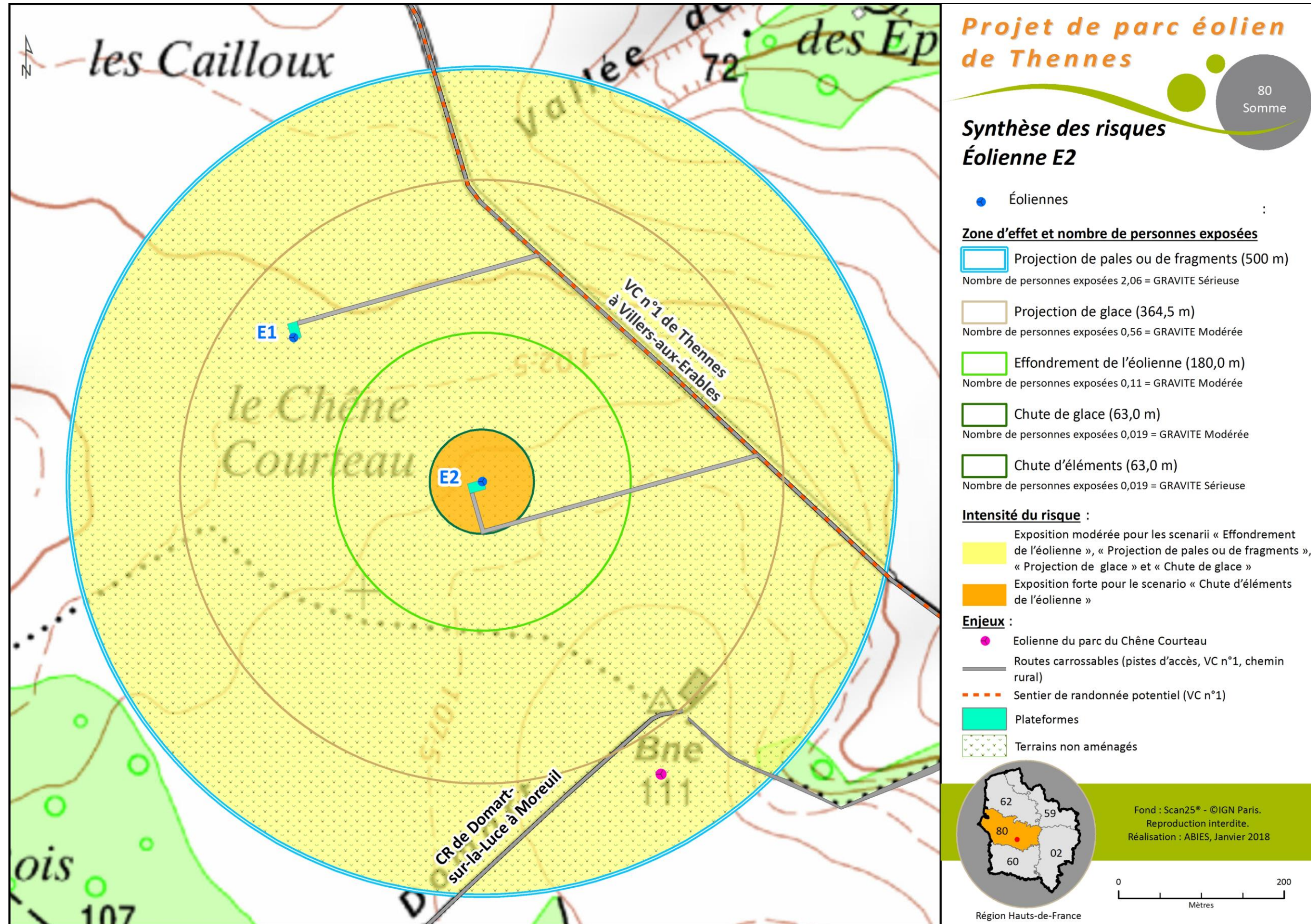


Fond : Scan25® - ©IGN Paris.  
Reproduction interdite.  
Réalisation : ABIES, Janvier 2018



Région Hauts-de-France

Carte 14 : Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E1



Carte 15 : Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E2



## 9 CONCLUSION



## Étude de dangers du parc éolien de Thennes

L'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes et l'analyse préliminaire des risques ont permis d'identifier cinq *scenarii* d'accidents majeurs pour l'installation du parc éolien de Thennes :

- effondrement de l'éolienne ;
- chute de glace ;
- chute d'éléments de l'éolienne ;
- projection de pales ou de fragments de pales ;
- projection de glace.

Chaque accident majeur est caractérisé par son intensité, sa probabilité et sa gravité.

L'**effondrement de l'éolienne** présente une intensité modérée et sa probabilité est jugée « rare » d'après le retour d'expérience et les mesures correctives mises en place pour éviter ce genre d'accident (contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, procédure de maintenance, détection et prévention des vents forts et tempêtes, arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne, procédure de veille cyclonique et d'intervention). Sa gravité est considérée comme « Modérée » au regard des enjeux exposés dans le cadre du parc éolien de Thennes : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes.

Les *scenarii* d'accident liés à la présence de glace : **chute de glace** et **projection de glace**, ont une probabilité qualifiée respectivement de « courante » et de « probable ». Un panneau d'information du risque de chute et de projection de glace sera installé sur le chemin d'accès de chaque éolienne. La gravité de ces événements est considérée comme « Modérée ». Cette évaluation du niveau de gravité tient compte des enjeux exposés dans le cadre du parc éolien de Thennes : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes, plateformes, voies de communication non structurantes et sentier de randonnée.

Le *scenario* de **chute d'éléments de l'éolienne** est considérée comme « improbable » d'après le retour d'expérience. Les principales barrières de sécurité pour réduire ce *scenario* sont les contrôles réguliers des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) et les procédures générales de maintenance. La gravité associée à cet accident est jugée « Sérieuse » au regard des enjeux exposés dans le cadre du parc éolien de Thennes : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes et plateformes.

Enfin, le *scenario* de **projection de pales ou de fragments de pales** présente une probabilité « rare » d'après le retour d'expérience et les mesures correctives pour éviter ce genre d'accident (détection de survitesse et système de freinage, contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, détection et prévention des vents forts et tempêtes, arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne). Sa gravité est considérée comme « Modérée » pour l'éolienne E1 et « Sérieuse » pour l'éolienne E2 au regard des enjeux exposés dans le cadre du parc éolien de Thennes : terrains non aménagés et très peu fréquentés, pistes d'accès aux éoliennes, plateformes, voies de communication non structurantes, sentiers de randonnée et éolienne du parc du Chêne Courteau.

Finalement, au regard des enjeux du parc éolien de Thennes, les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée.



## 10 ANNEXES

10.1	Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne .....	95
10.1.1	Terrains non bâtis.....	95
10.1.2	Zone d'activité.....	95
10.1.3	Voies de circulation .....	95
10.1.4	Logements .....	95
10.1.5	Établissements recevant du public.....	95
10.2	Scenarii génériques issus de l'analyse préliminaire des risques .....	96
10.2.1	Scenarii relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02) .....	96
10.2.2	Scenarii relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....	96
10.2.3	Scenarii relatifs aux risques de fuites (F01 à F02) .....	96
10.2.4	Scenarii relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03) .....	97
10.2.5	Scenarii relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03).....	97
10.2.6	Scenarii relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10) .....	97
10.3	Glossaire .....	98
10.4	Probabilité d'atteinte et risque individuel .....	99
10.5	Bibliographie et références utilisées .....	100



## 10.1 Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation, de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques.

### 10.1.1 Terrains non bâtis

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

### 10.1.2 Zone d'activité

Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

### 10.1.3 Voies de circulation

Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes. En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicules/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic										
Trafic (en véhicules/jour)	Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
2 000	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400

#### 10.1.3.1 Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

#### 10.1.3.2 Voies navigables

Compter 0,1 personne permanente par kilomètre exposé et par péniche/jour.

#### 10.1.3.3 Chemins et voies piétonnes

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

### 10.1.4 Logements

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

### 10.1.5 Établissements recevant du public

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

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

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

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

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

## 10.2 Scenarii génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté au chapitre 7.4 de la présente étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des *scenarii* d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des *scenarii* ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

### 10.2.1 Scenarii relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

#### 10.2.1.1 Scenario G01

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

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

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

Note : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

#### 10.2.1.2 Scenario G02

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

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

### 10.2.2 Scenarii relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 10.2.3 Scenarii relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau,



tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

### 10.2.3.1 Scenario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne.

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

### 10.2.3.2 Scenario F02

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

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

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

Ce *scenario* est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

## 10.2.4 Scenarii relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarios de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

## 10.2.5 Scenarii relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- défaut de conception et de fabrication ;
- non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance ;
- causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

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

### 10.2.5.1 Scenario P01

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

### 10.2.5.2 Scenario P02

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

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

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

### 10.2.5.3 Scenario P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

## 10.2.6 Scenarii relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant.

Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

## 10.3 Glossaire

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

**Accident** : Évènement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

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

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

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

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

**Évènement redouté central** : Évènement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

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

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

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

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

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

l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

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

La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source » ;

- réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

**Scénario d'accident (majeur)** : Enchaînement d'évènements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios

peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

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

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

**Aérogénérateur** : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur

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

Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE** : France Énergie Éolienne (branche éolienne du SER)

**INERIS** : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

**EDD** : Étude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Établissement Recevant du Public

## 10.4 Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Evènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d'exposition	Probabilité d'atteinte
Effondrement	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$ (E)
Chute de glace	1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	$10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$ (E)
Projection de morceaux de glace	$10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

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

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

## 10.5 Bibliographie et références utilisées

- ❖ L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- ❖ NF EN 61400-1 Éoliennes - Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- ❖ Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- ❖ Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project - Case study - Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- ❖ Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- ❖ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- ❖ Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission - Public Interest Energy Research Program, 2006
- ❖ Oméga 10: Évaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- ❖ Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- ❖ Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- ❖ Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, 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
- ❖ Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- ❖ Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- ❖ Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- ❖ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- ❖ Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- ❖ Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- ❖ Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

# ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

## SOMMAIRE DES CARTES

Carte 1 : Plan de situation du projet éolien de Thennes.....	13
Carte 2 : Zone d'étude des dangers des éoliennes de Thennes.....	14
Carte 3 : Localisation de l'habitat par rapport à la zone d'étude des dangers .....	17
Carte 4 : Les activités identifiées au droit de la zone d'étude des dangers .....	18
Carte 5 : L'aléa retrait-gonflement des argiles au droit de la zone d'étude des dangers.....	21
Carte 6 : Voies de communication .....	22
Carte 7 : Les réseaux enterrés identifiés au droit de la zone d'étude des dangers.....	23
Carte 8 : Cartographie de synthèse des enjeux pour le projet éolien de Thennes.....	25
Carte 9 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'éolienne E1 .....	26
Carte 10 : Cartographie de synthèse des enjeux au droit de l'éolienne E2 .....	27
Carte 11 : Le projet en phase d'exploitation .....	33
Carte 12 : Plan du raccordement inter-éolien et localisation du poste de livraison .....	39
Carte 13 : Carte de synthèse des risques pour les éoliennes de Thennes.....	86
Carte 14 : Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E1.....	87
Carte 15 : Carte de synthèse des risques pour l'éolienne E2.....	88

## SOMMAIRE DES FIGURES

Figure 1 : Évolution de la capacité éolienne installée dans le monde depuis 2000 (Source : Global Wind Energy Council) .....	10
Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....	31
Figure 3 : Schéma du gabarit des machines retenues dans le cadre du projet éolien de Thennes .....	34
Figure 4 : Exemple de moyeu .....	35
Figure 5 : Schéma type d'une fondation .....	37
Figure 6 : Schéma de principe du raccordement électrique des installations. (Source : ADEME et CERESA).....	38
Figure 7 : Principe d'enfouissement selon le nombre de câbles et la profondeur de la tranchée (Source : VALECO).....	39

## SOMMAIRE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Rose des énergies (Source : Vortex).....	19
Illustration 2 : Emprises au sol d'une éolienne .....	32
Illustration 3 : Modèle et intérieur d'un poste de livraison (Source : VALECO, 2017) ...	38
Illustration 4 : Plan masse du poste de livraison (Source : VALECO) .....	38
Illustration 5 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées sur la période 2000-2011 .....	62

## SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées des équipements du projet éolien de Thennes (Source : VALECO) .....	13
Tableau 2 : Distances d'éloignement des éoliennes vis-à-vis des plus proches habitations et zones d'habitation .....	17
Tableau 3 : Rafales de vent enregistrées sur la station d'Amiens-Glisy sur la période de 1988-2017 à 10 m de hauteur (Source : Météo France) .....	19
Tableau 4 : Nombre de jours moyen avec des rafales de vent supérieures à 16 et 28 m/s à 10 m de hauteur sur la période 1988 - 2010 (Source : Météo France) .....	19
Tableau 5 : Données pluviométriques enregistrées sur la station d'Amiens-Glisy (Source : Météo France).....	19
Tableau 6 : Nombre moyen de jours de gel et de neige enregistrés (Source : Météo France) .....	19
Tableau 7 : Potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour le parc éolien de Thennes .....	24
Tableau 8 : Caractéristiques et gabarits des aérogénérateurs envisagés pour le parc éolien de Thennes .....	34
Tableau 9 : Caractéristiques dimensionnelles de l'éolienne .....	34
Tableau 10 : Parcelles cadastrales privées pour lesquelles l'exploitant bénéficie d'un accord foncier .....	39
Tableau 11 : Potentiels de dangers retenus pour le projet éolien de Thennes .....	48

# ICONOGRAPHIE / LISTE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 12 : Accidentologie recensée entre les années 2000 et octobre 2017 (Sources : base de données ARIA et articles de presse) .....	60
Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines.....	65
Tableau 14 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels .....	66
Tableau 15 : Tableau de l'analyse générique des risques .....	68
Tableau 16: Scenarii exclus de l'analyse détaillée des risques (source INERIS) .....	72
Tableau 17 : Échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable) .....	76
Tableau 18 : Identification des scenarii pouvant entraîner des accidents majeurs .....	76
Tableau 19 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque d'effondrement d'éolienne .....	78
Tableau 20 : Acceptabilité du risque d'effondrement d'éolienne .....	78
Tableau 21 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute de glace.....	79
Tableau 22 : Acceptabilité du risque de chute de glace .....	79
Tableau 23 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de chute d'éléments de l'éolienne .....	81
Tableau 24 : Acceptabilité du risque de chute d'éléments de l'éolienne .....	81
Tableau 25 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de pale ou de fragment de pale .....	82
Tableau 26 : Acceptabilité du risque de projection de pale ou de fragment de pale ...	83
Tableau 27 : Nombre de personnes permanentes exposées au risque de projection de morceaux de glace .....	84
Tableau 28 : Acceptabilité du risque de projection de morceaux de glace .....	84
Tableau 29 : Tableau de synthèse des scenarii étudiés .....	85
Tableau 30 : Matrice d'acceptabilité des scenarii étudiés .....	85



UN PARC ÉOLIEN IDENTIFIÉ  
COMME **INSTALLATION CLASSÉE**  
POUR LA PROTECTION DE  
L'ENVIRONNEMENT.

ANALYSER LES **RISQUES**.

DÉFINIR LES **SCÉNARIOS**  
**ACCIDENTELS**.

DEUX AÉROGÉNÉRATEURS  
AUX **NIVEAUX DE RISQUES**  
**ACCEPTABLES**.

