



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

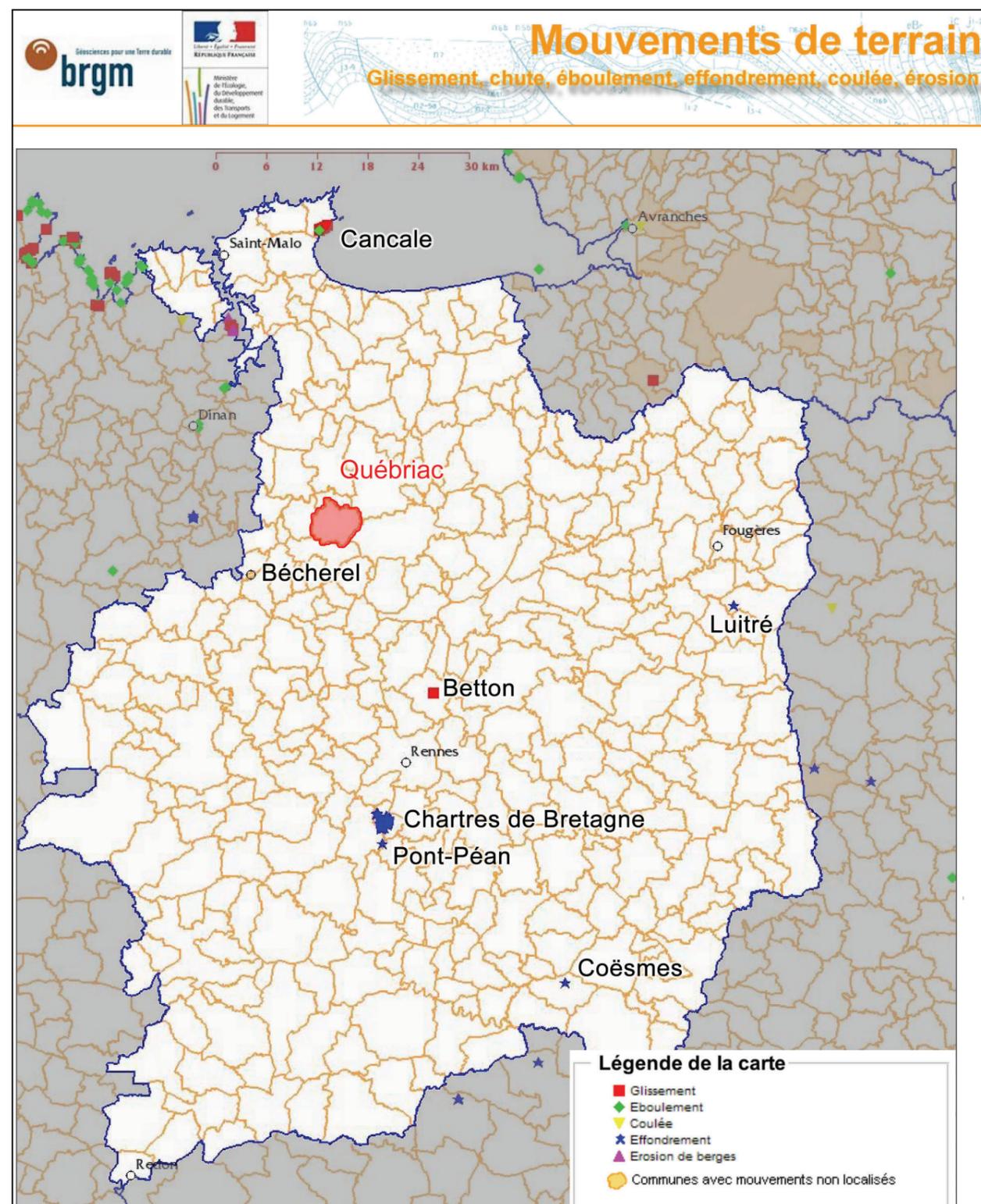
1.10.2.2 Les mouvements de terrains

Le tableau ci-dessous présente la liste des mouvements de terrains du type « glissement, effondrement, chutes » recensés dans le département d’Ille et Vilaine sur la période 1873 – 2013.

D’après l’inventaire de la base de données nationale (<http://www.bdmvt.net>) et la liste des arrêtés de la base GASPARE (Gestion Assistée des Procédures Administratives des Risques naturels), 7 communes sont concernées par le risque de mouvements de terrain du type « glissement, effondrement, chutes » dans le département d’Ille et Vilaine. La commune la plus proche de notre site éolien est la commune de Bécherel située à environ 11 km de la lande de Tanouarn (cf. carte suivante)

Code INSEE	Commune	Type	Date
35022	BECHEREL	Glissement	12/02/1988
35024	BETTON	Glissement	01/03/2001
35049	CANCALE	Chute de blocs/Eboulement	22/11/2000
35049	CANCALE		01/01/1999
35049	CANCALE		01/01/1998
35049	CANCALE	Glissement	21/11/2000
35049	CANCALE		16/10/2000
35049	CANCALE		11/02/1998
35049	CANCALE		30/01/1998
35049	CANCALE		01/02/1988
35066	CHARTRES-DE-BRETAGNE	Effondrements	57 évènements de 1900 et 2001
35082	COESMES	Effondrements	01/01/1873 et 01/01/1945
35163	LUITRE	Effondrement	01/01/1983
35363	PONT-PEAN	Effondrement	01/01/1904

Tableau 5 : Mouvements de terrain en Ille et Vilaine Source : BRGM (dernière mise à jour en 2013)



Carte 12 : Carte des « glissement, effondrement, chutes » - Source : <http://www.bdmvt.net/>



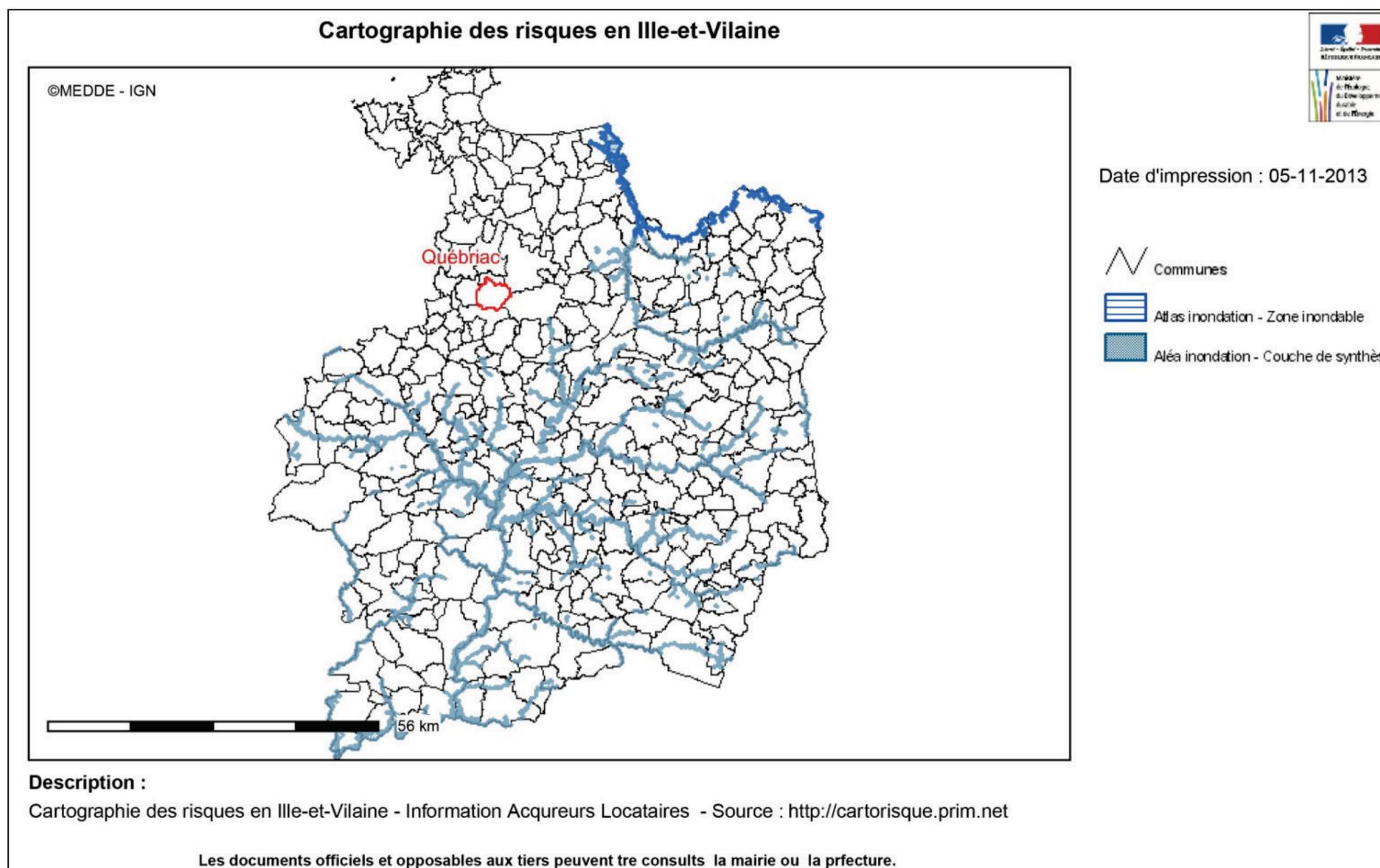
3 – ÉTUDE DE DANGERS –

1.10.2.3 Les inondations

Voici ci-dessous le résumé des différents arrêtés de catastrophes naturelles de type inondations et tempête qui ont eu lieu sur la commune de Québriac depuis 1987.

Type de Catastrophe	Début Le	Fin Le	Arrêté du	Sorti au JO le
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987
Inondations et coulées de boue	24/05/1992	24/05/1992	06/11/1992	18/11/1992
Inondations, coulées de boue, et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Tableau 6 : Liste des catastrophes naturelles, commune de Québriac - Source : prim.net



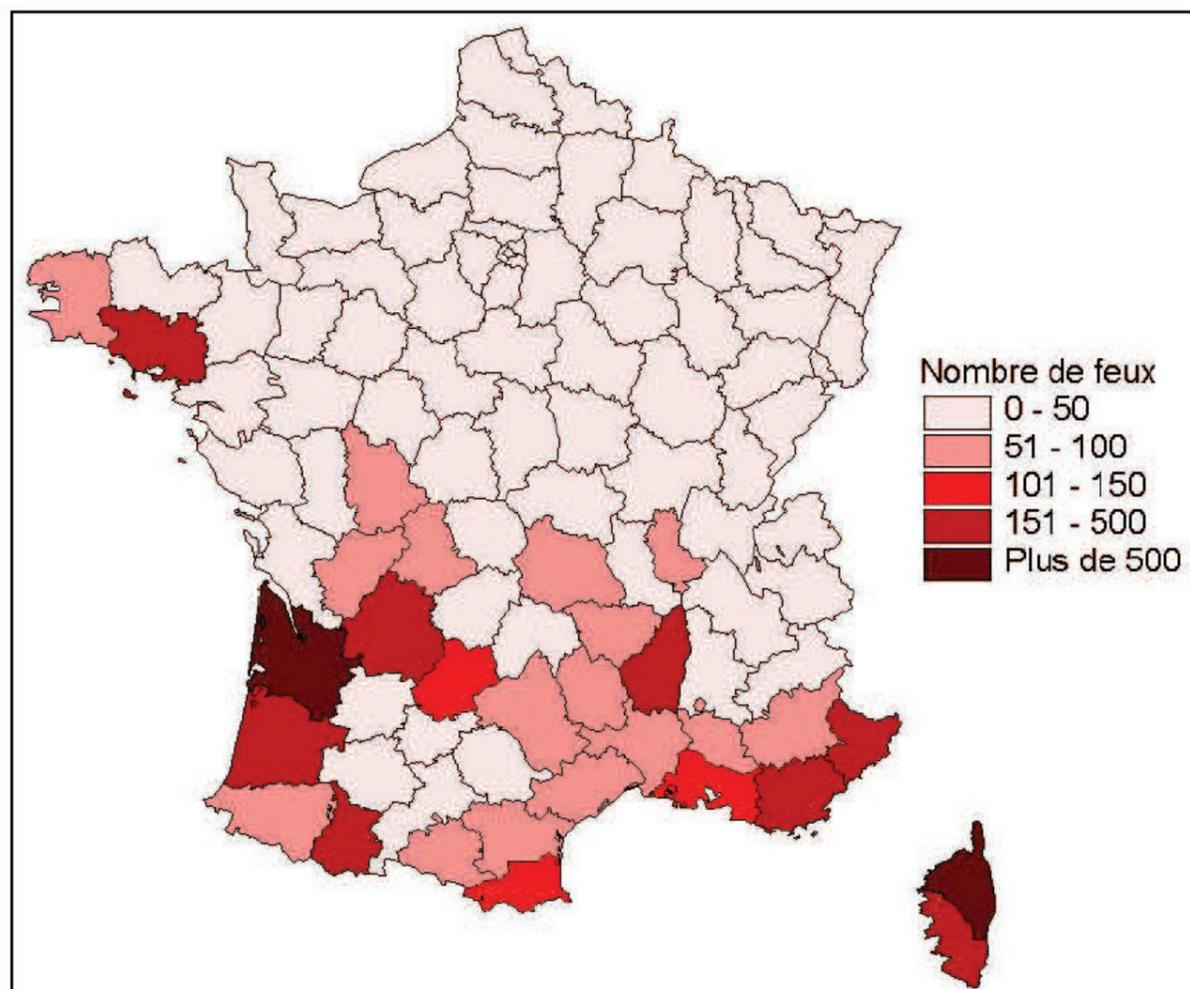
Carte 13 : Zones inondables en Ile et Vilaine - Source : Cartorisque.prim.net

Aucune commune concernée par l'aléa inondation par débordement de cours d'eau ne se situe à proximité de la commune de Québriac (la commune la plus proche est Dingé située à 8.61km de la zone du projet).



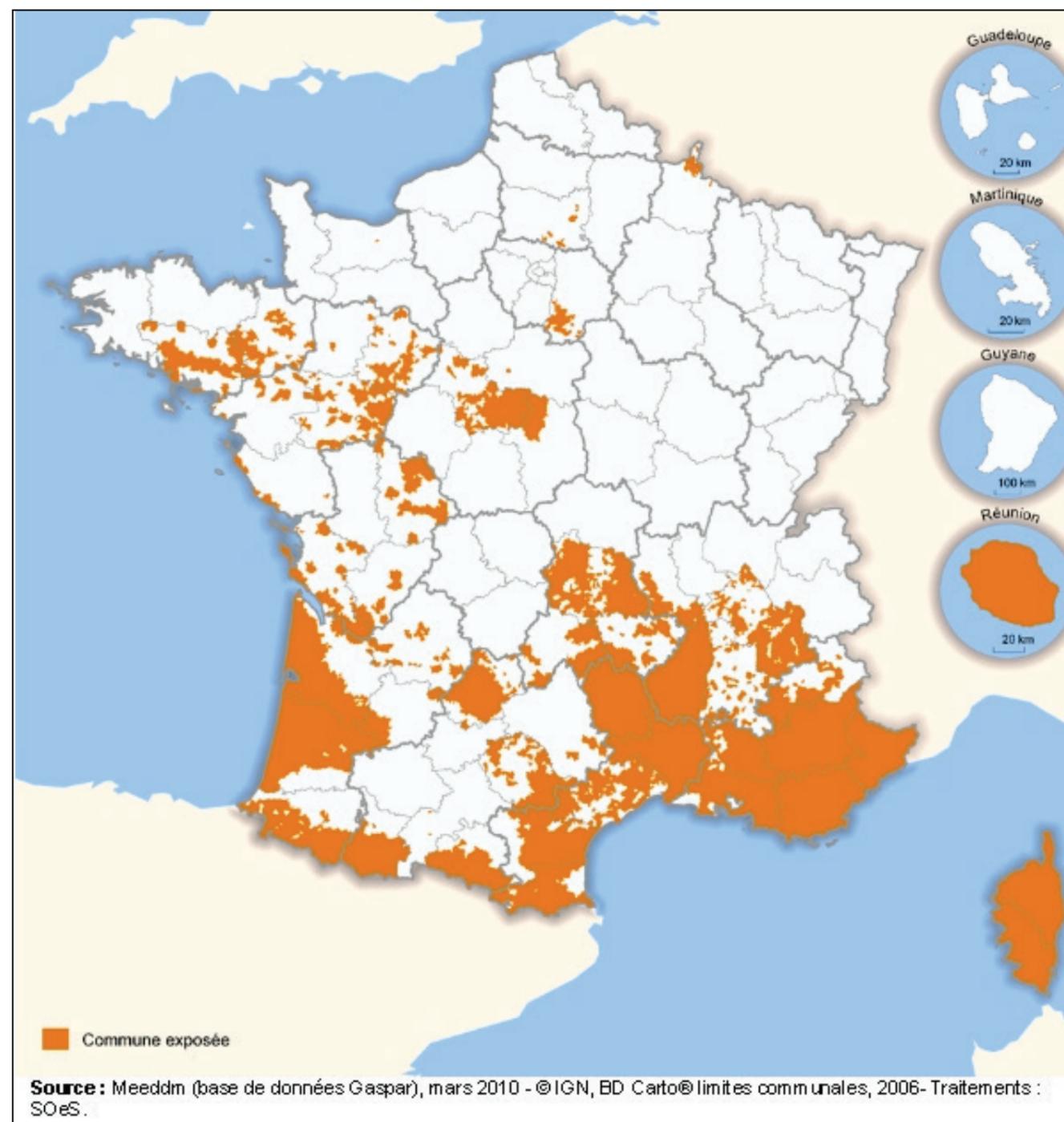
1.10.2.4 Risques incendies de forêt

Le guide pour l'élaboration des plans de prévention des risques naturels (PPR) dédié aux risques d'incendies de forêt indique que les secteurs en Bretagne les plus touchés par les incendies concernent les départements du Finistère et du Morbihan. Les départements des Côtes d'Armor et d'Ille et Vilaine sont quant à eux moins concernés : le nombre de feux de forêt oscille entre 0 et 50. La carte ci-dessous illustre le nombre d'incendies à l'échelle de la France.



Carte 14 : Départements les plus touchés par les incendies entre 1992 et 1998 - (source : SCEES)

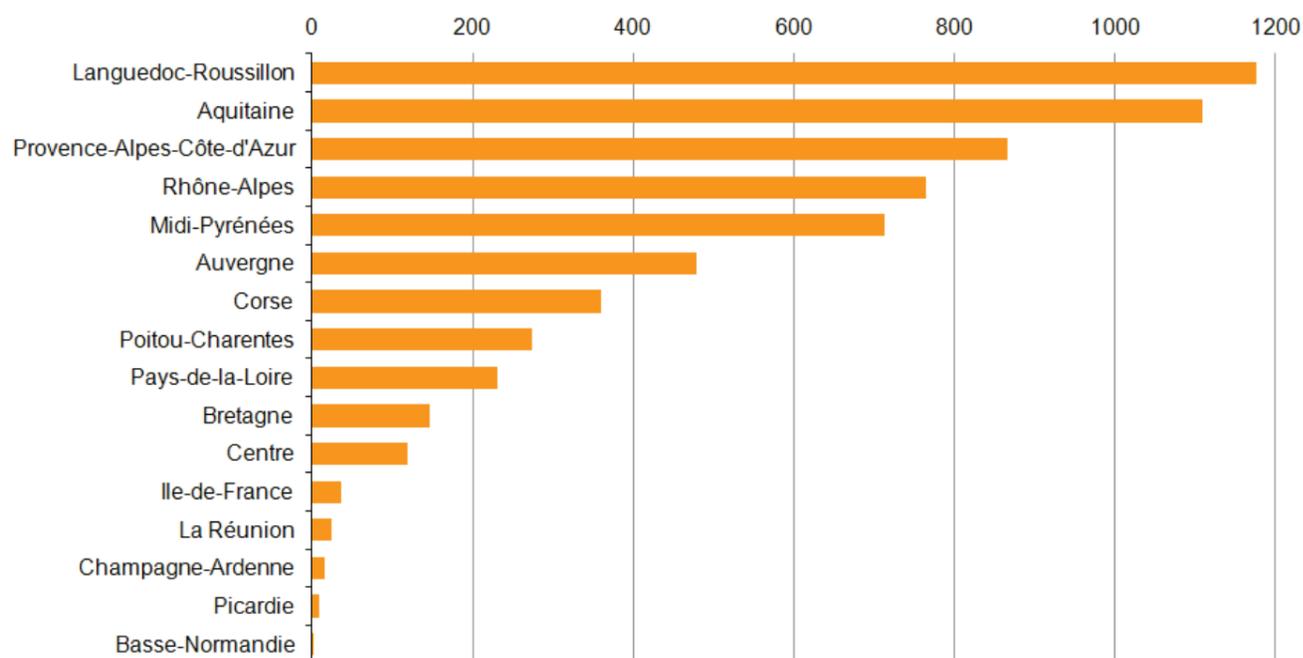
D'après le site du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 25'000 hectares de forêt sont incendiés en France : cela représente en moyenne 6'000 départs de feu dont les trois quarts sont localisés dans la moitié sud de la France, communes ayant un potentiel combustible élevé dû aux essences présentes et aux sols secs. Parmi les 6'000 communes françaises classées à risque de feu de forêt, celles-ci sont principalement inscrites dans les régions de Corse, Provence-Alpes-Côte-D'azur, Languedoc-Roussillon et Aquitaine et les départements de la Drôme et de l'Ardèche. La carte ci-dessous permet de visualiser les communes exposées (secteur orange) et le graphique met en évidence les différences entre les régions.



Carte 15 : Communes exposées aux risques de feux de forêts, en mars 2010 - (source : MEDDTL)



3 – ÉTUDE DE DANGERS –



Graphique 1 : nombre de communes exposées au risque de feu de forêt, par région en mars 2010

Source : MEDDTL

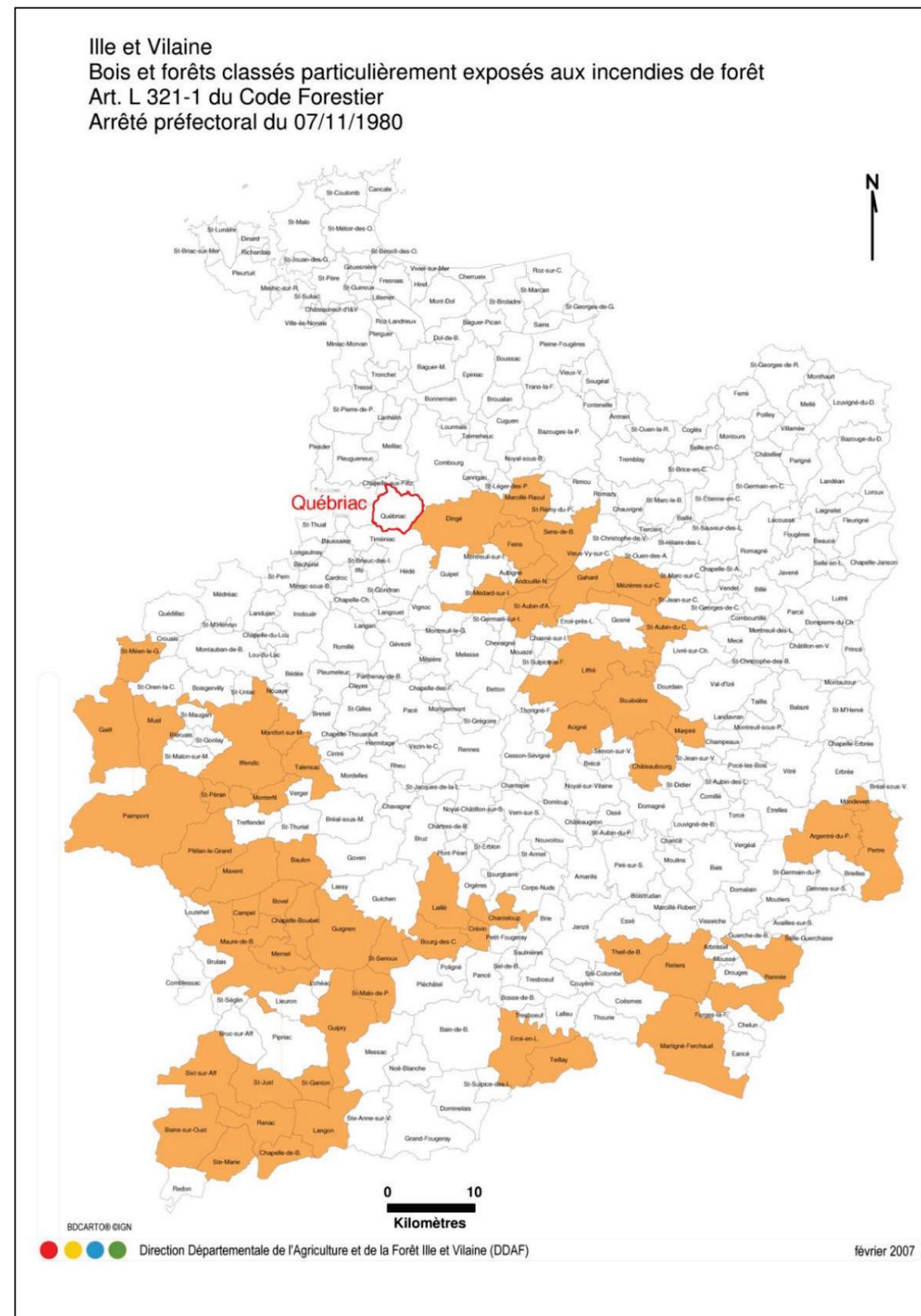
A l'échelle du département, le code forestier de l'arrêté préfectoral du 07 novembre 1980 décrit les communes les plus exposées aux incendies de forêts (voir carte ci-dessous). La commune de Québriac ne figure pas parmi ces communes : le risque feu de forêt n'est donc pas considéré comme un risque majeur. Pour autant la commune de Dingé limitrophe à Québriac pour les massifs de Bourguouët et de Tanouarn se trouve à 760m de l'éolienne la plus proche.

IEL Exploitation veillera à entretenir les abords ainsi que les contours des éoliennes par le biais d'un débroussaillage périodique. Ceci aura notamment pour but de conserver des accès aux éoliennes permettant une éventuelle intervention des services de secours dans de bonnes qualités. Ainsi, la création de chemins d'accès a été minimisée et les longueurs concernées seront entretenues de façon à rester parfaitement carrossables. Outre le poste de livraison, la zone du projet sera par ailleurs libre de toute construction, afin de limiter les sources éventuelles de départ de feux. A ce sujet, l'affichage obligatoire au pied des éoliennes devra comporter un message de sensibilisation aux risques d'incendie, à l'attention de tous.

Les abords des éoliennes seront principalement fréquentés par des professionnels de l'activité sylvicole déjà sensibilisés aux risques d'incendies en forêt. Les techniciens de maintenance du parc éolien seront également sensibilisés aux risques de départ de feux en lien avec l'activité d'exploitation du parc (notamment pour ce qui concerne les comportements à risques : fumer, utiliser des outils susceptibles de créer un départ de feu...).

Les éoliennes, le poste de livraison, tout comme les véhicules de maintenance et les engins de chantier, seront équipés d'outils de lutte contre les incendies comme des extincteurs et des couvertures anti feu.

Le chapitre IV.2.2 du présent document présente en détails les équipements de sécurité présents dans les éoliennes concernant les risques d'incendie.



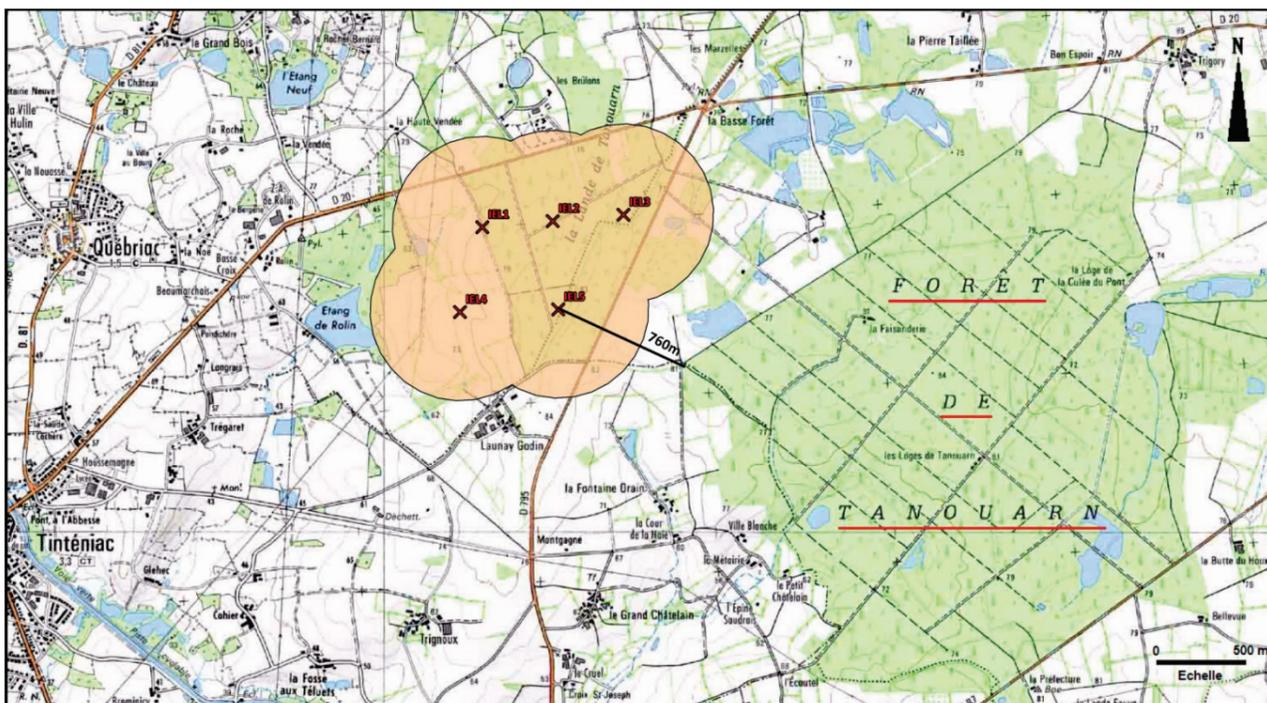
Carte 16 : Communes d'Ille et Vilaine particulièrement exposées aux incendies de forêts

Source : DDAF³

³ Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt d'Ille et Vilaine



3 – ÉTUDE DE DANGERS –



Carte 17 : Proximité du projet avec la forêt de Tanouarn – Source : Géoportail / IEL

Le projet se trouve à 760m de la forêt de Tanouarn classé comme exposée aux incendies dans l'arrêté préfectoral du 07 novembre 1980. La forêt de Tanouarn est donc située en dehors de la zone de danger de 500 mètres autour de chaque éolienne.

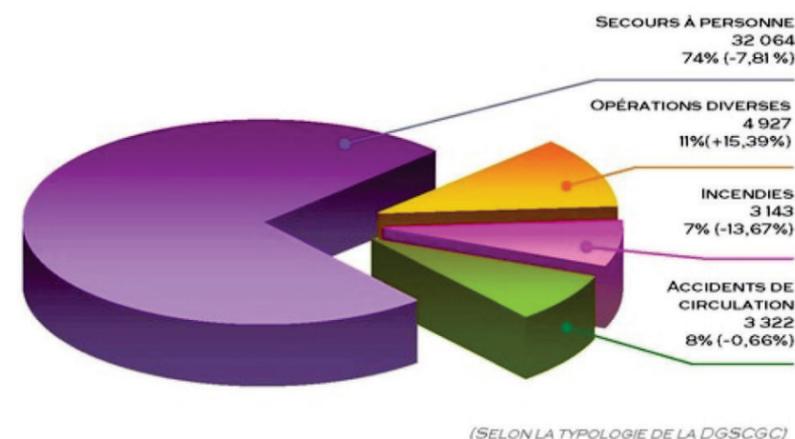
Le risque incendie reste faible dans le département d'Ille et Vilaine. Les statistiques départementales du SDIS ⁴ a effectué 3'143 interventions incendies sur l'année 2012, soit 7% des interventions totales, ce chiffre est en recul de -13.67% par rapport à 2011 (voir graphique ci-contre).

Afin de diminuer ce risque, IEL Exploitation entretiendra les accès et leurs abords ainsi que les contours des éoliennes par le biais d'un débroussaillage périodique afin de limiter la pousse de broussaille autour des éoliennes. Cette action de débroussaillage évitera les zones d'habitats naturels sensibles recensés lors du diagnostic environnemental.



Statistiques

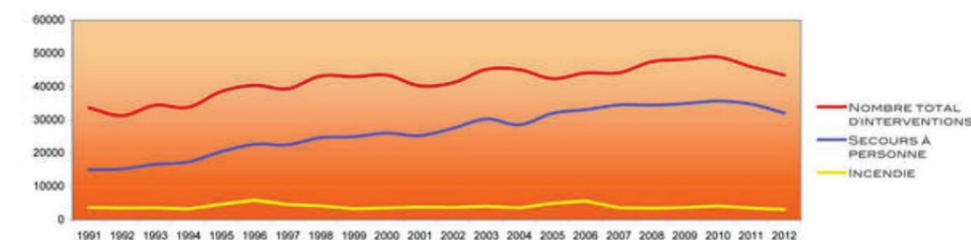
Près de 43 456 interventions ont été effectuées en 2012 par les sapeurs-pompiers d'Ille-et-Vilaine, soit une moyenne de opérations par jour (-5,6 % par rapport à 2011).



Nature des interventions effectuées en 2012

Les incendies (feux de végétation, de bâtiments, et feux divers) constituent seulement 7 % des interventions réalisées. Il s'agit cependant d'interventions particulièrement longues, et qui nécessitent l'engagement de moyens humains et matériels importants. Ces feux sont aujourd'hui plus en plus diversifiés et dangereux.

Évolution des interventions ces 20 dernières années



Graphique 2 : Statistiques 2012 des interventions des pompiers en Ille et Vilaine – Source : SDIS 35.

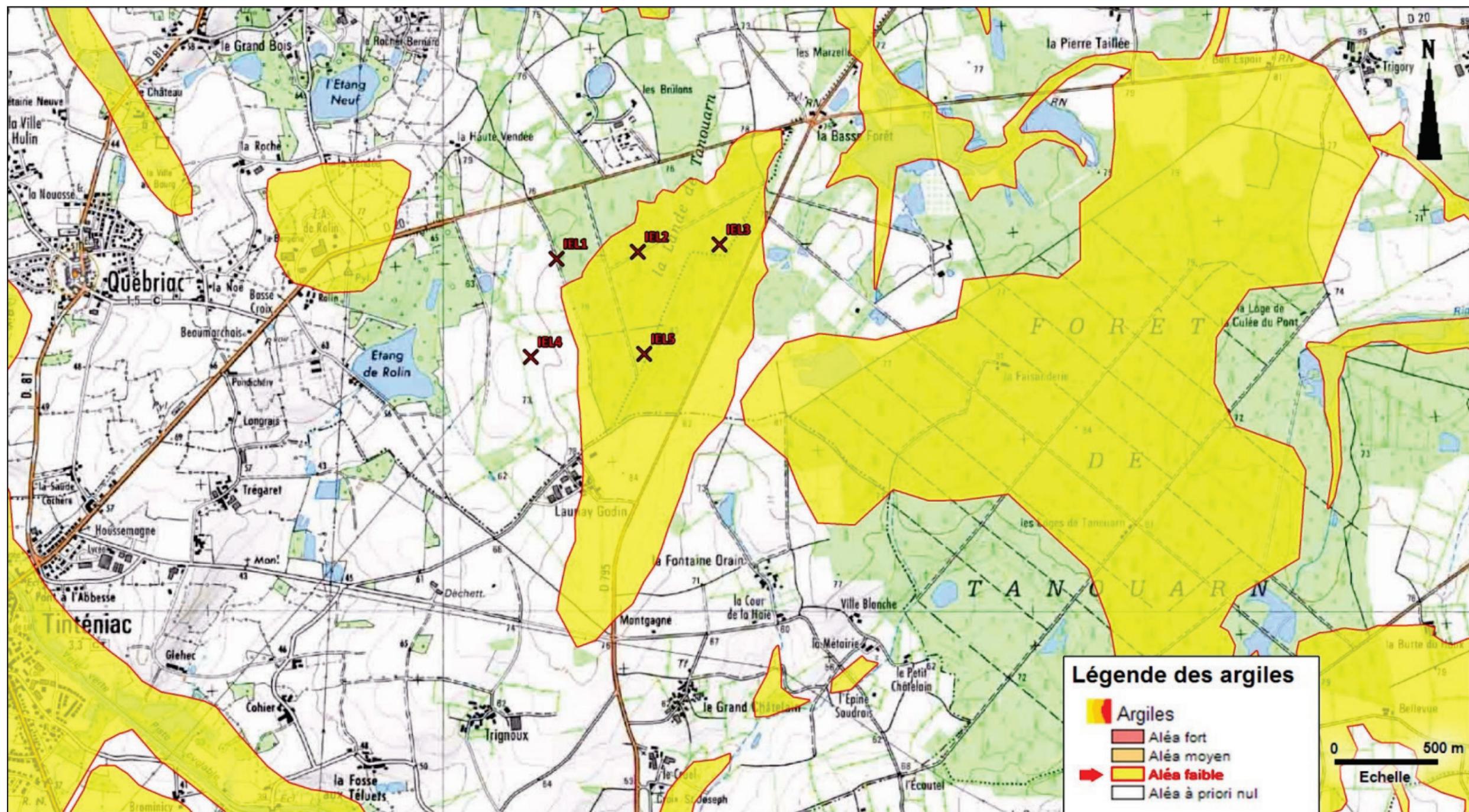
⁴ Service départementale d'Incendie et de Secours



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

1.10.2.5 Risques aléas retrait-gonflement des argiles

Concernant les risques de retrait-gonflement des argiles, la lande de Tanouarn est en grande partie classée en aléa **faible** et concerne 3 éoliennes sur 5.



Carte 18 : Carte du retrait-gonflement des sols argileux à proximité du projet (sources : BRGM / Géoportail / IEL)

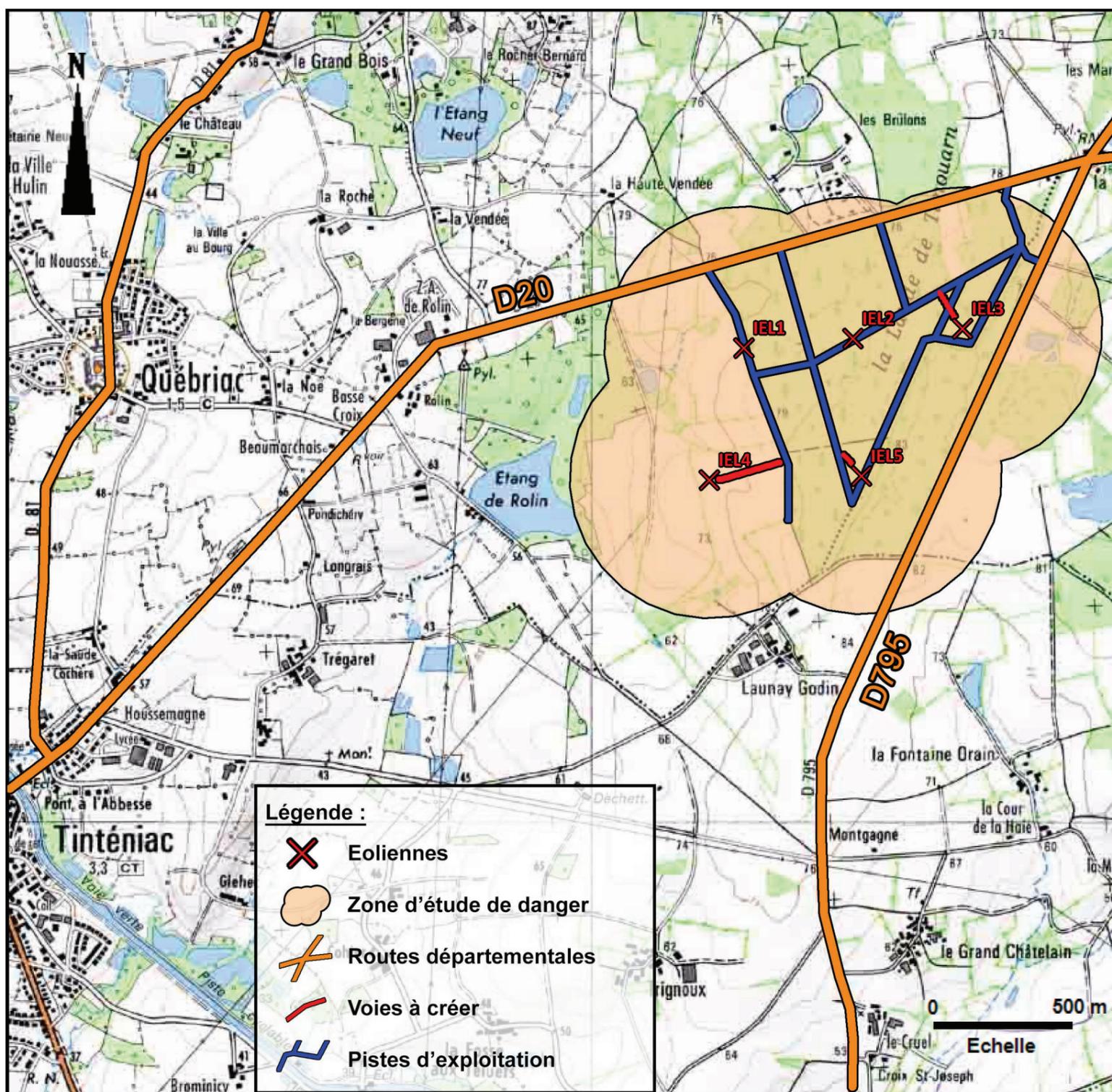
D'après le BRGM et argiles.fr (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie), l'ancrage minimum des fondations préconisé est de 1,2m de profondeur en cas d'aléa de retrait gonflement des argiles fort et de 0,8m de profondeur en cas d'aléa faible à moyen. **Dans le cadre de ce projet, les fondations seront ancrées à une profondeur supérieure à 3m et respectent donc la profondeur d'ancrage préconisée. De plus, les études de sol et le dimensionnement du massif seront réalisés par des professionnels indépendants et spécialisés. Ce dimensionnement sera ensuite validé par un bureau de contrôle. Nous prenons donc le maximum de garanties et le dimensionnement sera en conformité avec les caractéristiques du sol.**

Concernant le risque relatif au retrait-gonflement des argiles, 3 éoliennes sur 5 sont situées en aléa faible. Le dimensionnement des fondations permettra de limiter ce risque.



1.11 Environnement matériel

1.11.1 Voies de communication



Carte 19 : Les voies de communication à proximité de l'étude de dangers

Sources : Géoportail / IEL

La zone d'étude de dangers est traversée à son extrémité Nord par la départementale D20 reliant Tinténiac à Dingé (trafic de 2'236 véhicules par jour⁵) et à l'Est par la départementale D795 reliant St-Méloir des Bois à Combourg (trafic de 4'605 véhicules par jour⁶).

Enfin, l'ensemble de la zone d'étude est desservi par des pistes d'exploitation destinées à l'activité sylvicole ainsi que des voies existantes d'accès aux parcelles agricoles à l'Ouest.

Type de voie de communication	Trafic journalier (nombre de véhicules par jour)	Voie structurante ⁷	Distance* à l'éolienne la plus proche
Route Départementale D20	2 236	Oui	296m de E1
Route départementale D795	4 605	Oui	162m de E3
Voie agricole existante	5 à 10	Non	187m de E4
Pistes d'exploitation	5 à 10	Non	12,50m de E1

Tableau 7 : Le trafic journalier sur les voies de communication au sein de la zone de l'étude de dangers

*Distance en mètre mesurée entre l'axe de l'éolienne et l'axe de la voie la plus proche

⁵ Source : Conseil Général d'Ille et Vilaine (CG35) – Données 2012

⁶ Source : Conseil Général d'Ille et Vilaine (CG35) – Données 2012

⁷ Une voie est structurante si son trafic journalier est supérieur à 2 000 véhicules par jour ; on compte 100 véhicules pour un train – Source : Trame type de l'étude de dangers - 2012



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

1.11.2 Servitudes

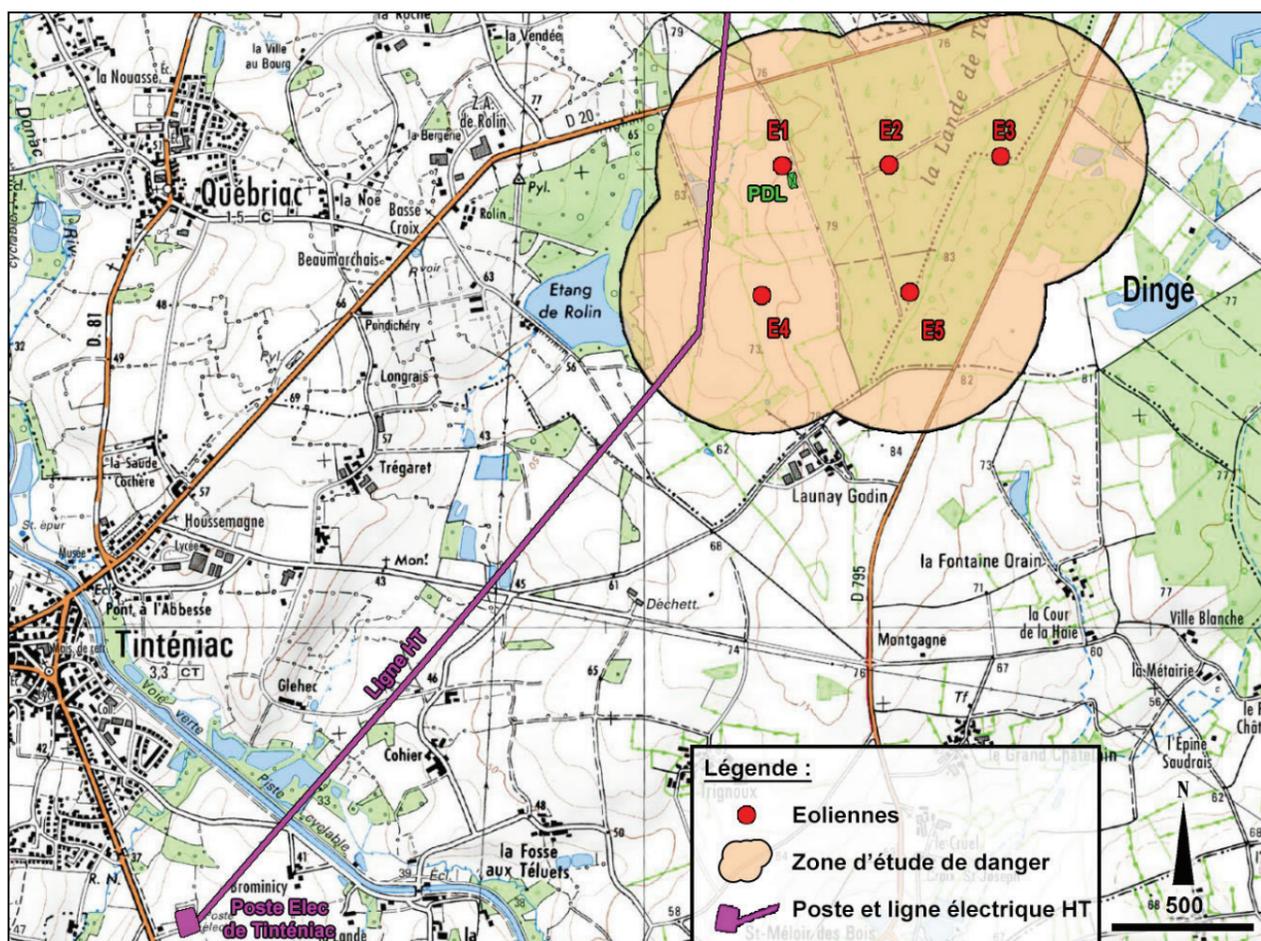
La réalisation du projet a nécessité l'accord préalable des différents acteurs suivants :

- Aviation civile : avis favorable en date du 19 Septembre 2012
- France Télécom/Orange : avis favorable en date du 25 Février 2013
- GRT gaz : avis favorable en date du 22 Mars 2012
- Ministère de la Défense : avis favorable du 21 Avril 2015

Ces accords ont été demandés et obtenus et font partie intégrante des annexes de l'étude d'impact.

1.11.3 Réseaux publics et privés

Transport d'électricité : la ligne Haute Tension (trait rose) a son poste source à Tinténiac ; ce poste source se situe à environ 3 kilomètres du site éolien (E4). La ligne Haute Tension passe à l'Ouest de la lande de Tanouarn selon un axe nord-sud et se trouve dans la zone de danger à 210m de l'éolienne la plus proche (E4), dont la hauteur est 150m.



Carte 20 : Raccordement électrique sur le site de Québriac

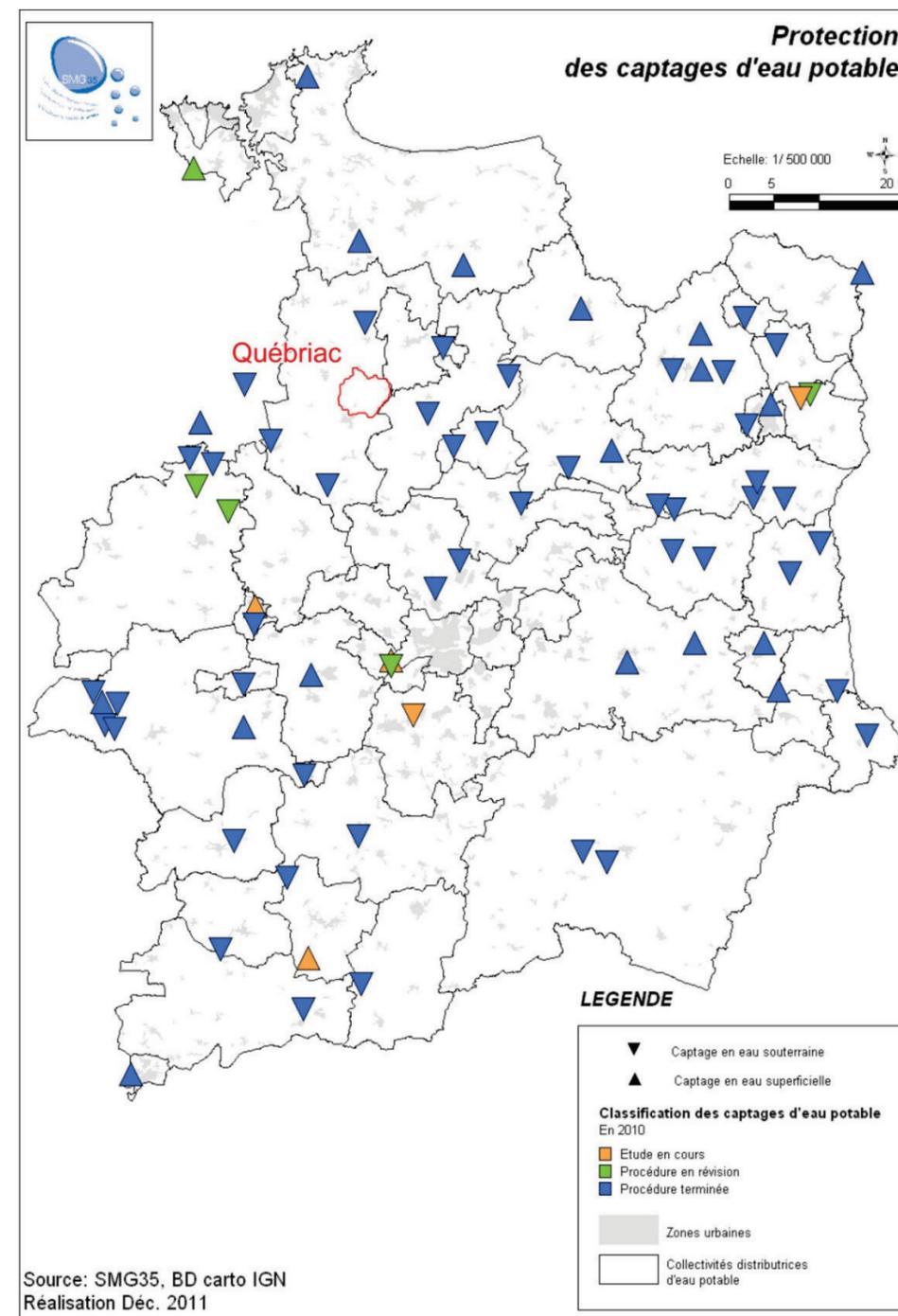
Sources : Géoportail / IEL

Réseau téléphonique Orange (anciennement France Telecom) : suite à notre demande de servitude auprès du réseau Orange, il n'y a aucune ligne dans le secteur du projet (voir annexe).

Réseau d'assainissement : nous avons contacté la SAUR qui confirme qu'il n'y a pas de réseaux de distribution d'eau ou de collecte d'eaux usées dans l'environnement du parc éolien.

Réseaux d'alimentation en eau potable (captages AEP, zones de protection des captages) : après consultation auprès de l'Agence Régionale de Santé (ARS) il n'existe pas de périmètres de protection de captage et/ou de captages sur le territoire de la commune de Québriac

Le projet éolien ne s'inscrit dans aucun périmètre de protection de captage d'eau.



Carte 21 : Points de captage en Ille et Vilaine

Source : SMG35 (Syndicat Mixte de Gestion pour l'Approvisionnement en Eau Potable de l'Ille et Vilaine) BD carto IGN



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Canalisations de transport : aucune canalisation transportant des fluides tels que le pétrole et le gaz n'est recensée à proximité immédiate du projet éolien. La carte 20 illustre les réseaux de transport implanté sur le territoire français et montre que le pipeline le plus proche part de Donges et remonte vers le nord-est (trait bleu, E7), et que le gazoduc le plus proche (trait rouge) transite par le nord de la Bretagne.



Carte 22 : Carte des réseaux de transport des fluides en France - Source : Agence internationale de l'Énergie

La commune de Québriac (limite communale en rouge sur la carte ci-dessous) n'est pas concernée par le transport de matières dangereuses (TDM) lié aux gazoducs.



Carte 23 : Carte des communes concernées par le transport des matières dangereuses lié aux gazoducs
Source : <http://www.bretagne.gouv.fr/>

Malgré tout, une demande auprès de GRTGaz a été effectuée et est consultable au chapitre **Servitudes** du document **Annexes** du dossier ICPE de Québriac : le gestionnaire émet un avis **favorable** au projet éolien.

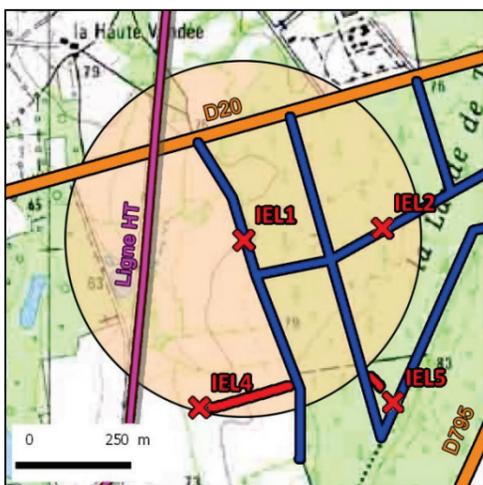
Aucun pipeline et gazoduc ne sera perturbé par l'implantation du projet éolien



1.12 Cartographie de synthèse

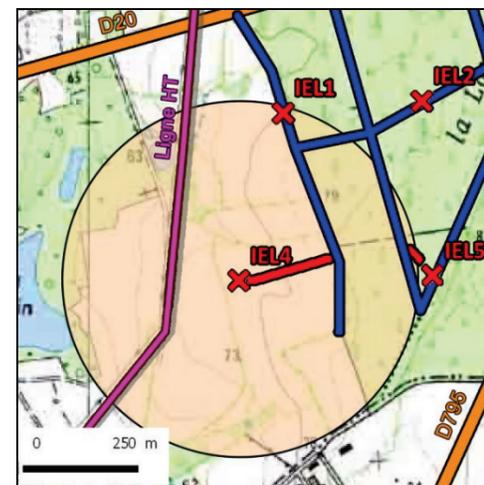
La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur préconisée par la trame type de l'étude de dangers est présentée en annexe 1 de ce présent document. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Équivalent personnes permanentes (EPP)



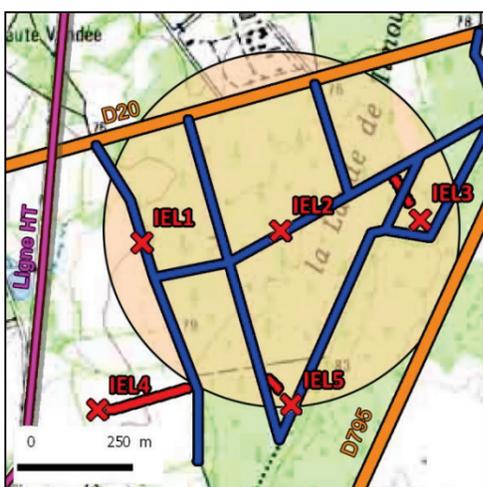
La zone d'étude de l'éolienne E1 représente une surface de $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
La D20 est une voie structurante (circulation supérieure à 2000 véhicules par jour).
Cette voie concerne **7,71 personnes** (à raison de 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.)
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, chemins d'exploitations) concerne **0,14 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).
L'ensemble homogène « Terrains aménagés et très peu fréquentés » (forêts) concerne **0,77 personnes** (à minima 1 personnes par tranche de 100 ha).
La liaison pédestre intercommunale concerne **2,06 personnes** (2 personnes par tranche de 1 km).

On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E1 concerne $7,71 + 0,14 + 0,77 + 2,06 = 10,68$ équivalent personnes permanentes (EPP).



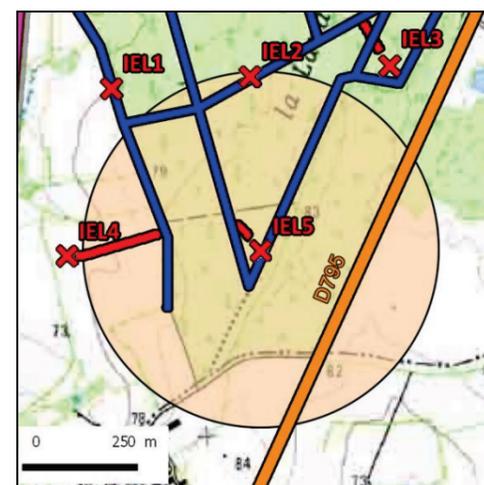
La zone d'étude de l'éolienne E4 représente une surface de $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
La zone n'est traversée par aucune voie structurante (circulation supérieure à 2000 véhicules par jour).
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, chemins d'exploitations) concerne **0,10 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).
L'ensemble homogène « Terrains aménagés et très peu fréquentés » (forêts) concerne **0,78 personnes** (1 personne par tranche de 100 ha).
La liaison pédestre intercommunale concerne **2,18 personnes** (2 personnes par tranche de 1 km).

On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E4 concerne $0,10 + 0,78 + 2,18 = 3,06$ équivalent personnes permanentes (EPP).
La zone d'étude de l'éolienne E5 représente une surface de $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha



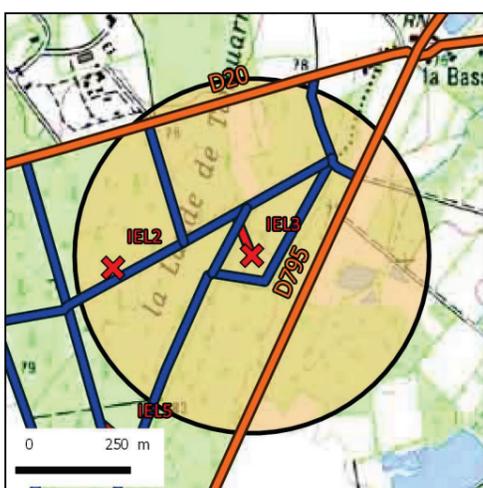
La zone d'étude de l'éolienne E2 représente une surface de $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
La D20 est une voie structurante (circulation supérieure à 2000 véhicules par jour).
Cette voie concerne **6,32 personnes** (à raison de 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.)
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, chemins d'exploitations) concerne **0,17 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).
L'ensemble homogène « Terrains aménagés et très peu fréquentés » (forêts) concerne **0,77 personnes** (1 personne par tranche de 100 ha).
La liaison pédestre intercommunale concerne **1,28 personnes** (2 personnes par tranche de 1 km).

On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E2 concerne $6,32 + 0,17 + 0,77 + 1,28 = 8,54$ équivalent personnes permanentes (EPP).



La D795 est une voie structurante (circulation supérieure à 2000 véhicules par jour).
Cette voie concerne **16,98 personnes** (à raison de 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.)
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, chemins d'exploitations) concerne **0,14 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).
L'ensemble homogène « Terrains aménagés et très peu fréquentés » (forêts) concerne **0,77 personnes** (1 personne par tranche de 100 ha).
La liaison pédestre intercommunale concerne **1,65 personnes** (2 personnes par tranche de 1 km).

On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E5 concerne $16,98 + 0,14 + 0,77 + 1,65 = 19,54$ équivalent personnes permanentes (EPP).

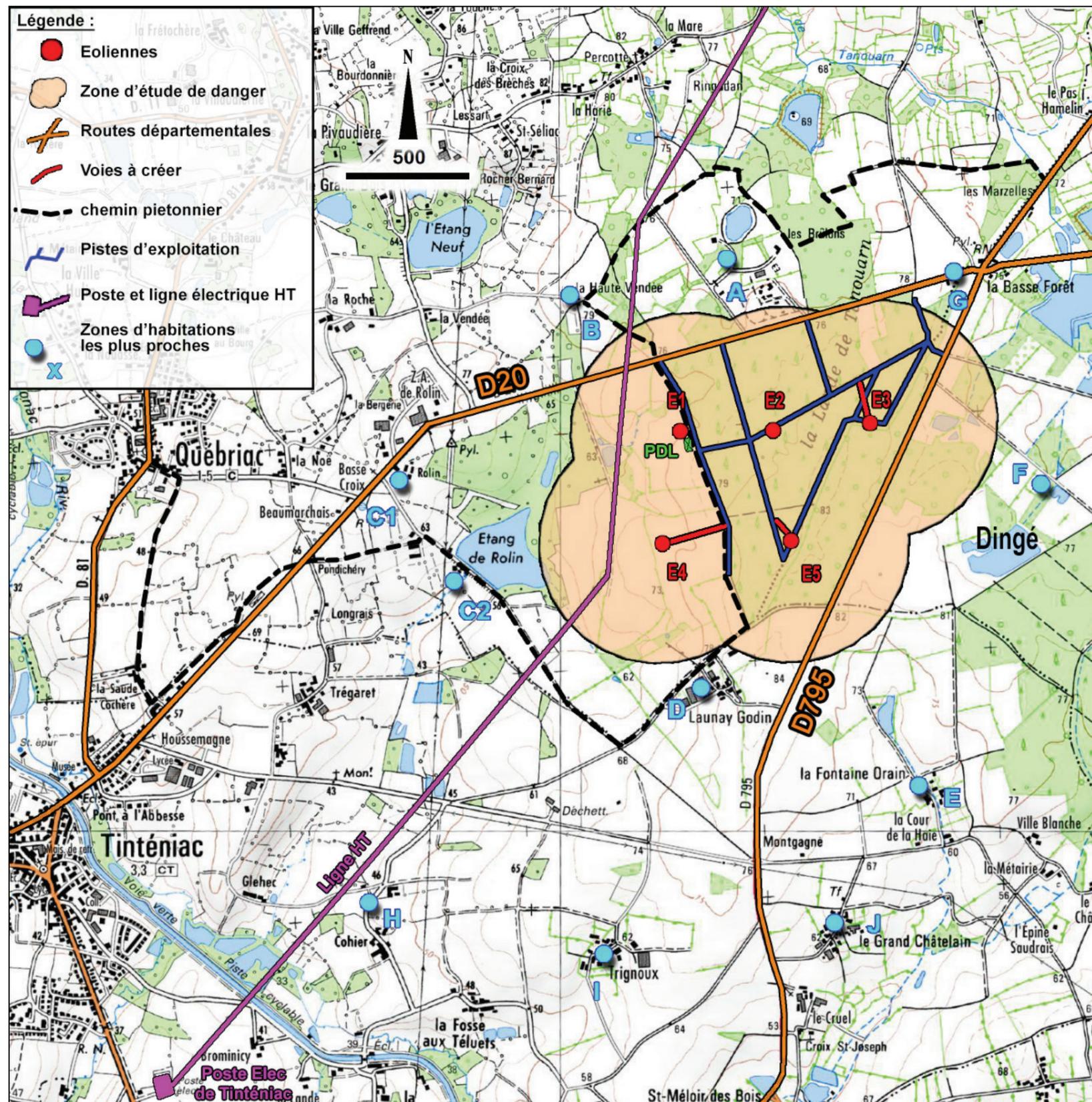


La zone d'étude de l'éolienne E3 représente une surface de $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
La D20 et la D795 sont des voies structurantes (circulation supérieure à 2000 véhicules par jour).
Ces deux voies concernent **22,87 personnes** (à raison de 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.)
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, chemins d'exploitations) concerne **0,15 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).
L'ensemble homogène « Terrains aménagés et très peu fréquentés » (forêts) concerne **0,77 personnes** (1 personne tranche de 100 ha).

On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E3 concerne $22,87 + 0,15 + 0,77 = 23,79$ équivalent personnes permanentes (EPP).



3 – ÉTUDE DE DANGERS –



Carte 24 : Synthèse de l'environnement matériel– Site de Québriac – Source Géoportail / IEL



Description de l'installation

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

1.13 Caractéristiques de l'installation

1.13.1 Caractéristiques générales 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 (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe IV.3.1) :

- 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 poste 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 poste 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.

❖ 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 pâles, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pâles (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - le système de freinage mécanique ;
 - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

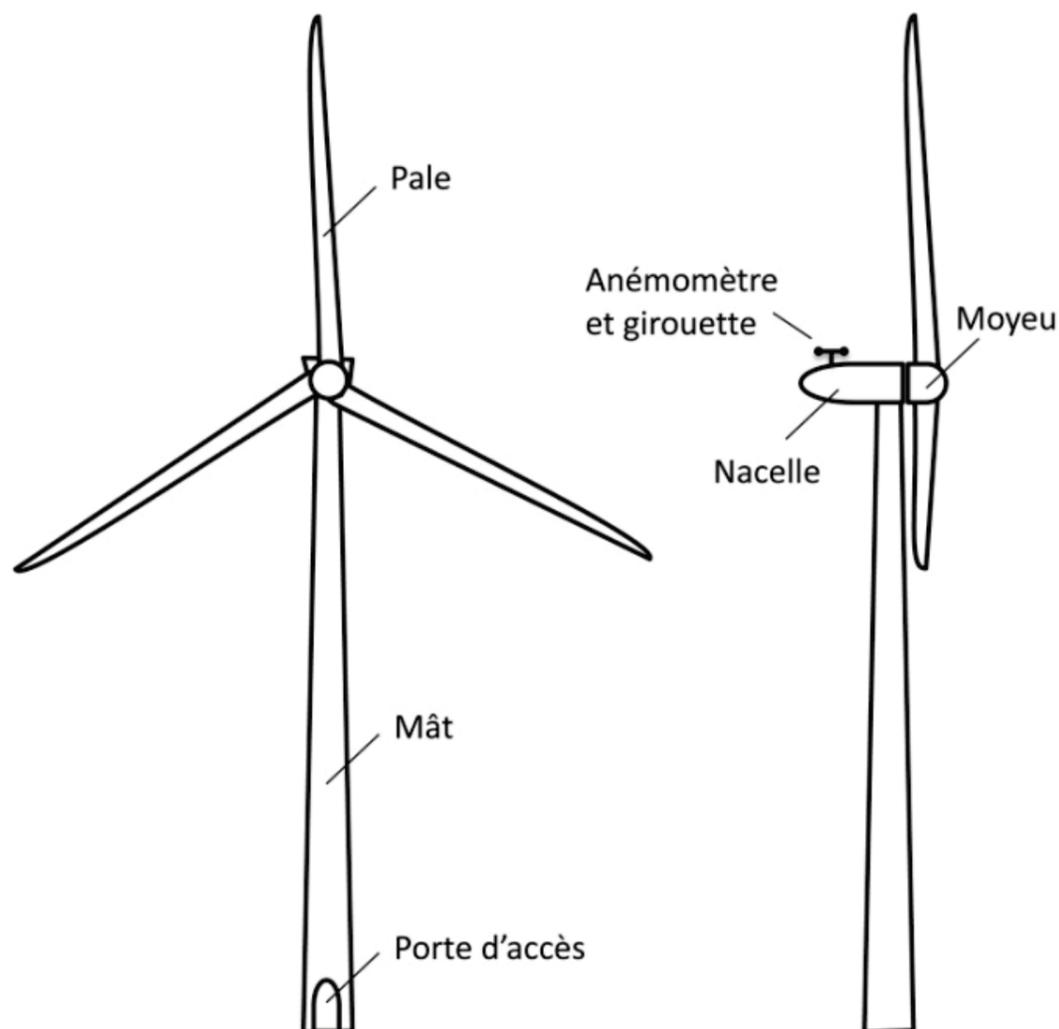


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

❖ Emprise au sol

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

- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pâles 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.

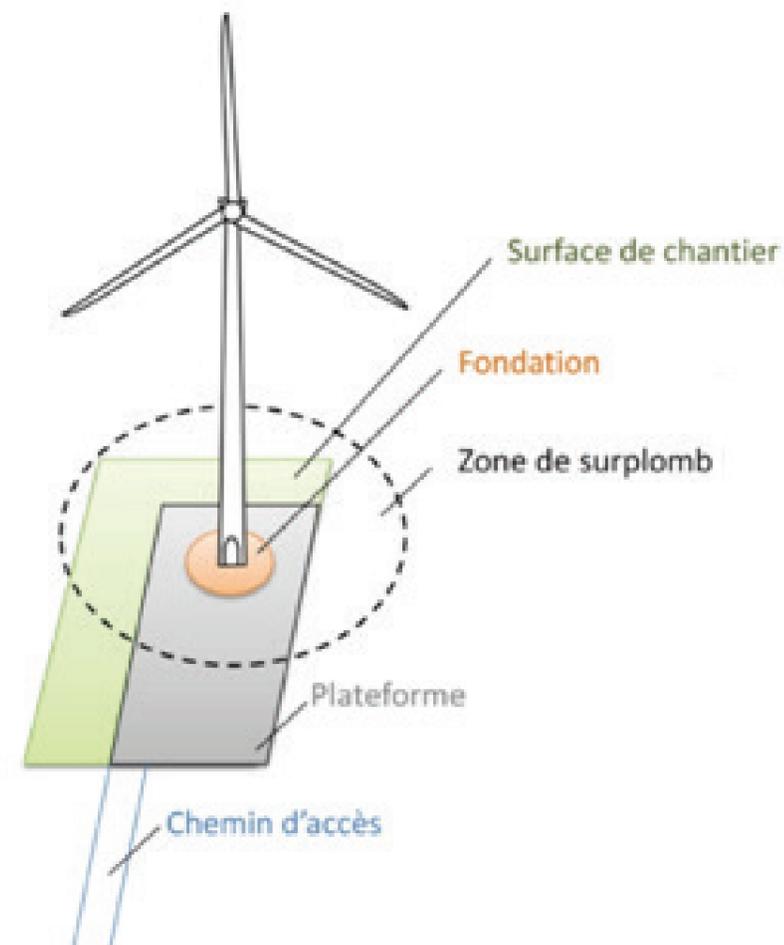


Figure 2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

❖ 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 constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien :

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

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments 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).

Le tableau 10 indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison.

1.13.2 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Québriac est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 150 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.



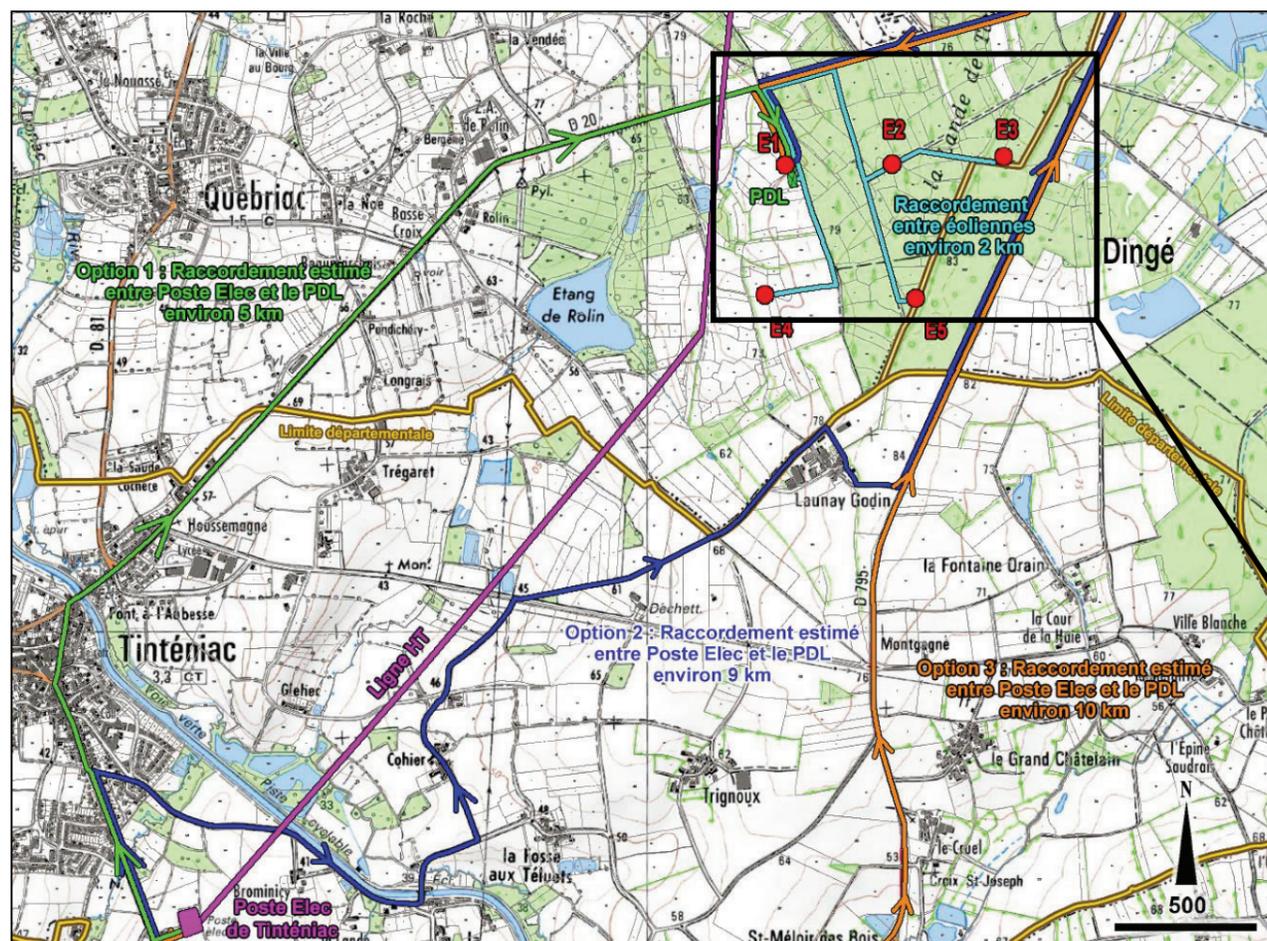
1.13.3 Composition de l'installation

Le parc éolien de Québriac est composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Les 5 aérogénérateurs ont une hauteur de moyeu de 100 mètres et un diamètre de rotor de 100 mètres, soit une hauteur totale en bout de pôle de 150 mètres.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison :

Lambert II Etendu	X	Y	Z (altitude au sol en mètre)
Eolienne n°1	344 837	6 815 792	75
Eolienne n°2	345 232	6 815 802	78
Eolienne n°3	345 628	6 815 813	80
Eolienne n°4	344 682	6 815 327	72
Eolienne n°5	345 232	6 815 308	82
Poste de livraison (centre du PDL)	344 845	6 815 764	75

Tableau 8 : Coordonnées dans le système Lambert 93



Carte 25 : Le raccordement électrique du projet de Québriac
Source : Géoportail / IEL

1.14 Fonctionnement de l'installation

1.14.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par la girouette qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

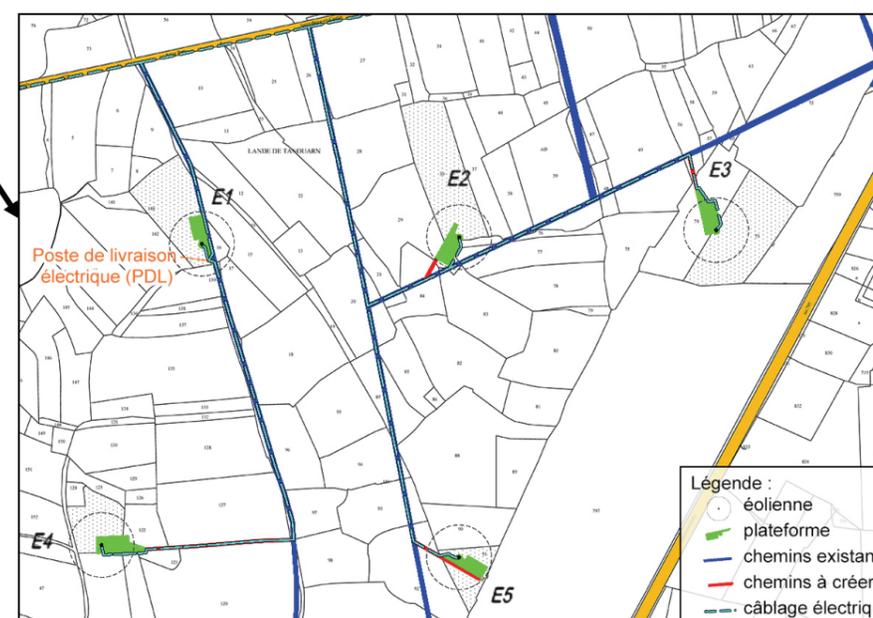
Les pâles se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre «lent» lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pâles en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite «nominale».

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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



Carte 26 : Détail de l'implantation



Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Entre 3 et 3,5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de 24 mètres environ ; Masse de béton d'environ 1100 tonnes.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Hauteur de 100 mètres ; Poids de 211 tonnes.
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	- abrite les composants mécaniques hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne ; - système de refroidissement « CoolerTop » ; - sonde de température extérieure ; - système d'orientation constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs ; -dispositif de contrôle de rotation de la nacelle.
Rotor / pâles	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	- Rotor de 100 mètres de diamètre ; - pâles de 49 mètres.
Générateur	Convertir l'énergie mécanique en énergie électrique	- type asynchrone ; - générateur triphasé, de type quadripolaire à rotor bobiné ; - avec alimentation électrique du stator au démarrage ; - délivre deux niveaux de tension différents (690 V et 480 V en courant alternatif) dirigés vers le transformateur élévateur de tension.
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	élévation des deux niveaux de tension (480 V et 690 V) jusqu'à 20 000 V.
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	5,8 mètres de longueur ; 2,8 mètres de largeur ; 3,30 mètres de hauteur hors tout ; 2,80 mètres au dessus du sol.

Tableau 9 : Fonctionnement d'un aérogénérateur

Source : Vestas

1.14.2 Sécurité de l'installation

Les éoliennes Vestas sont équipées du dispositif de contrôle « Vestas Multi Processeur » qui assure le bon fonctionnement et l'intégrité des différents systèmes internes.

Le système de contrôle est constitué de quatre processeurs principaux interconnectés :

- Le contrôleur principal supervise l'ensemble des processeurs subordonnés ;
- Le contrôleur « Vestas Converter System » régule principalement la production de la génératrice ;
- Le contrôleur de production, régule principalement la production électrique délivrée sur le réseau public ;
- Le processeur situé dans le rotor ajuste et supervise principalement l'angle des pâles.

En parallèle à ces systèmes de conduite et de contrôle, les machines sont équipées de dispositifs de sécurité afin de détecter tout début de dysfonctionnement et de limiter les risques liés à ceux-ci.

L'objectif est de pouvoir stopper le fonctionnement de l'éolienne en toute sécurité, même en cas de défaillance du système contrôle commande.

La figure ci-après propose un schéma simplifié des systèmes de contrôle des éoliennes du type V100-2.0 MW.

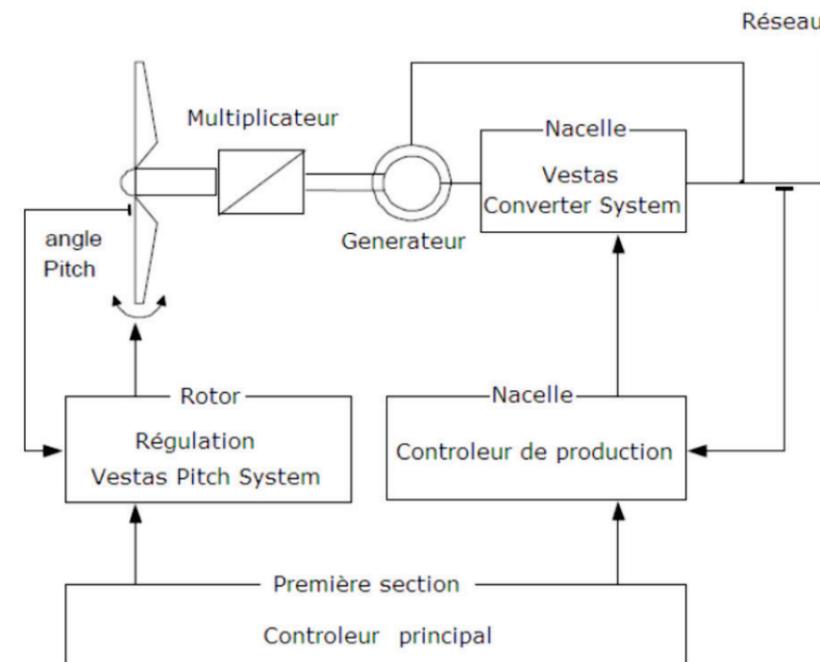


Figure 3 : Schéma simplifié de l'architecture de contrôle

Source : Vestas

Les trois modes d'arrêt de l'éolienne

Il existe plusieurs modes d'arrêt de l'éolienne :

- La mise en pause : La machine est découplée du réseau électrique haute tension (le générateur ne produit plus), mais reste néanmoins sous tension. La machine est prête pour la production, le régime générateur et la demande puissance sont à zéro et les sous-systèmes sont en exécution automatique. Le rotor est laissé en libre rotation, mais dans certains cas les pâles sont ramenées dans une position offrant moins de prise au vent (à environ 85° par rapport à la direction de vent). Cet arrêt peut être déclenché volontairement ou en cas d'attente de conditions de production favorables (vitesses de vent, températures). Dans ce cas, la machine sera redémarrée automatiquement par le système de contrôle après une temporisation (au retour d'une vitesse de vent suffisante par exemple) ou par une action de l'utilisateur pour une mise en pause manuelle ;
- L'arrêt de type « Stop » : Ce mode est similaire au mode pause, mais l'ensemble des sous-systèmes et actionneurs sont désactivés. Les pâles sont ramenées en position dite « en drapeau » (à environ 90° par rapport à la direction de vent) par le système de conduite. Cet état peut survenir par commande utilisateur ou en cas d'anomalies mineures. Le redémarrage de la machine nécessite une action humaine, soit à distance, soit en local (pas de redémarrage automatique) ;
- L'arrêt en cas d'urgence « Emergency stop » : Les pâles sont ramenées en position dite « en drapeau » (à environ 90° par rapport à la direction de vent) par le système de sécurité. Cet état peut survenir lors de détection d'anomalies (température trop élevée sur un palier, déclenchement d'un détecteur de vibration, déclenchement du détecteur d'arc,...). C'est ce qui se produit en cas de détection de survitesse par le système VOG (« Vestas Overspeed Guard »). C'est également le cas lors d'une action sur les boutons d'arrêt d'urgence (disponibles en partie basse du mat et dans la nacelle). Dans ce dernier cas, en plus de la mise en drapeau des pâles, le système de frein hydraulique est actionné. Le démarrage ne peut être fait qu'en local (nécessité de déplacement sur site) après vérification de l'état de la machine.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Si l'anomalie disparaît, la machine peut être redémarrée automatiquement par le système de contrôle après une temporisation ou par une action à distance. Pour le cas du déclenchement du détecteur d'arc électrique qui provoque une ouverture de la cellule bas de tour, la machine ne peut être redémarrée que localement après qu'un technicien soit intervenu pour contrôler l'état des équipements et acquitter le défaut (réenclenchement du détecteur). Par ailleurs, les éoliennes du site de Québriac seront équipées du dispositif appelé « Opti-Stop » qui a pour but de gérer les conditions de mise à l'arrêt de la machine pour les arrêts de type « mise en pause » et « Stop ». Il agit sur le « Pitch System » de façon à ralentir la vitesse de retour vers la position de mise en drapeau pour diminuer les efforts engendrés sur le rotor et le palier principal.

L'organisation en cas de dysfonctionnement de l'éolienne

La surveillance du bon fonctionnement de l'installation est assurée par l'intermédiaire du système de contrôle avec transmission à distance des informations (SCADA). Les informations issues des capteurs peuvent conduire à une alarme sur les écrans de surveillance mais également, dans certains cas, à la mise à l'arrêt de la turbine. L'unité de surveillance pour la zone méditerranéenne dont dépend la France est implantée en Espagne. Elle est opérationnelle 24h/24. En complément, il existe en France des agences régionales (exemple : Saint Briec (22)) qui sont destinataires des alarmes générées par les éoliennes (redondance par rapport au centre de télésurveillance). Les personnels de maintenance sont informés par téléphone des anomalies de la machine et peuvent ainsi intervenir afin d'assurer les réparations et remettre celle-ci en service. Dès que le dysfonctionnement détecté est susceptible d'avoir des conséquences sur la sécurité (mise en arrêt par déclenchement du VOG, déclenchement de la détection incendie, ...), l'information est immédiate afin que l'intervention se fasse le plus rapidement possible (les équipes sont réparties sur le territoire de telle sorte que le délai d'intervention ne dépasse pas deux heures). En cas de déclenchement de la détection d'incendie le responsable régional est informé (hors heures ouvrables, il est informé sur son téléphone mobile) afin de se rendre sur place et de coordonner l'action des équipes d'intervention. La détection des accidents peut également être faite par des personnels externes (détection visuelle d'un incendie ou de la chute d'une partie de pale par des personnes du public par exemple), Vestas en est informé par l'intermédiaire le plus souvent du propriétaire du parc.

En complément d'une équipe de techniciens en charge d'assurer les interventions, Vestas dépêche sur site une équipe technique chargée d'analyser les causes de l'accident et éventuellement en première urgence d'assister les secours externes. Les enseignements retirés des anomalies ou des accidents constatés sont pris en compte pour éviter le renouvellement de ces dysfonctionnements.

Protection de survitesse

Il est essentiel de pouvoir arrêter l'éolienne en cas de survitesse liée aux conditions atmosphériques, à la déconnexion du réseau électrique ou en cas de détection d'une anomalie (surchauffe ou défaillance d'un composant).

Le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pâles à un angle de 85 à 90 °, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent. Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Les parties en rotation sont donc protégées contre les erreurs de mesure de vitesse de rotation.

En cas de défaillance du système de contrôle, un système indépendant appelé « VOG » (« Vestas Overspeed Guard ») permet également d'arrêter le rotor, par mise en drapeau des pâles (rotation à 90°). Toutes les

éoliennes Vestas en sont équipées. Il s'agit d'un système à sécurité positive auto-surveillé. Le système de mesure de la vitesse de rotation de l'arbre lent (mesure utilisée pour le déclenchement du VOG) est indépendant du système de mesure utilisé pour la conduite. Enfin en cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.

L'incendie

La nacelle est équipée d'un détecteur de fumée, disposé à proximité des armoires électriques. Un deuxième détecteur est implanté en pied de tour, également au dessus des armoires électriques. Le détecteur de fumée de la nacelle est, d'un point de vue de la détection incendie, redondant avec la détection de température haute. Le déclenchement de ces détecteurs de fumée génère une alarme locale (sirène dans la nacelle et dans le tour) et une information vers le système de contrôle (arrêt de l'éolienne « Emergency Stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât).

De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru.

Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).

Le temps de détection est de l'ordre de la seconde. IEL Exploitation sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

Conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011, chaque éolienne est dotée d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, IEL Exploitation en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur. IEL Exploitation est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

Conformément à l'article 24 de l'arrêté du 26 août 2011, chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :

- d'un système d'alarme qui peut être couplé avec le dispositif mentionné à l'article 23 de l'arrêté susvisé et qui informe IEL Exploitation à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 de ce même arrêté dans un délai de soixante minutes ;
- d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci.



Protection contre la glace

Il existe deux types système de détection de glace sur les éoliennes Vestas :

- Système de détection de glace sur la nacelle : une sonde vibratoire disposée sur la nacelle permet de détecter une éventuelle formation de glace sur la nacelle. Il est relié au système de contrôle et son déclenchement provoque l'arrêt de l'éolienne. Une action humaine est nécessaire pour redémarrer l'éolienne (acquiescement du défaut).
- Système de détection de glace sur les pâles. Ce dispositif est constitué de capteurs de températures et d'accéléromètres installés sur les pâles et reliés à un serveur de collecte des données. Le dispositif est alors couplé avec le système SCADA qui met la turbine à l'arrêt en cas de détection de formation de glace sur les pâles.

L'ensemble de ces systèmes permettent de prévenir l'accumulation de glace sur les éoliennes et ainsi évite les risques de projection. Les procédures de redémarrage sont définies par IEL Exploitation.

Le délai de transmission de l'information est d'environ 1 minute.

Conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011, chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pâles de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. IEL exploitation définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pâles.

Respect des principales normes applicables à l'installation

La liste des codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes Vestas, présentée ci-après, n'est pas exhaustive (il y a en effet des centaines de standards applicables). Seuls les principaux standards sont présentés ci-dessous.

- La norme IEC61400-1 intitulée « 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 : IEC61400-1. Les pâles respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23.
- La génératrice est construite suivant le standard IEC60034.
- La conception du multiplicateur répond aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- Les éoliennes Vestas répondent aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques, notamment la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004.
- Les éoliennes Vestas sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

	Partie extérieure	Partie intérieure
Nacelle Vestas	C5	Minimum C3
Moyeu	C5	C3
Tour	C4	C3

Les divers types de éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Vous trouverez ci-après les solutions proposées par Vestas pour répondre à aux autres articles de l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la sécurité de l'installation.

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.

Vestas assure à travers ses contrats de maintenance, l'entretien et le maintien en bon état des voies d'accès. Les contrats de fourniture proposés par Vestas prévoient systématiquement la mise en place d'une voie d'accès carrossable permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.

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.

Vestas remet à chacun de ses clients un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005).

De plus, des organismes compétents externes, mandatés par IEL Exploitation, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.

L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge d'IEL Exploitation et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.

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 pâles et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

L'ensemble des éoliennes Vestas respectent le standard IEC 61400-24.

Le contrôle visuel des pâles est inclus dans nos opérations de maintenance annuelles (visite planifiée Inspection Record Form - IRF).



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.

Le certificat de conformité « Declaration of Conformity », remis avec chaque machine, atteste du respect de la Directive européenne dite « machine » du 17 mai 2006.

Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement, ce contrôle donnant lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé.

Vestas propose à ses clients des contrôles électriques supplémentaires dans le cadre des maintenances annuelles.

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.

Vestas propose un balisage conforme aux dispositions citées dans cet article.

Art. 13 – Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Afin d'empêcher l'accès de toute personne non autorisée à l'intérieur de nos turbines, les portes des aérogénérateurs fournies par Vestas sont équipées de verrous. Les postes de raccordement et de livraison sont également maintenus fermés à clef.

Art. 14 – Les prescriptions à observer par les tiers sont 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, le cas échéant, face au risque de chute de glace.

IEL Exploitation installera alors les pictogrammes conformément à l'article 14.

Art. 15 – Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise 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 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.

Lors de la mise en service d'une éolienne, une série de tests est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne. Parmi ces tests, les arrêts simples, d'urgence et de survitesse sont effectués.

Les essais des différents arrêts sont ensuite effectués tous les ans suivant les manuels de maintenance et sont reportés sur les documents IRF attestant la réalisation de l'ensemble des opérations de maintenance. La mise à l'arrêt de la turbine est testée lors de la mise en service de la turbine puis à chaque intervention.

Art. 16 – L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.

Le maintien de la propreté des équipements fait partie intégrante des prestations réalisées par les équipes Vestas dans le cadre des contrats de maintenance. Afin d'assurer un suivi précis, un rapport de service, intégrant des photos de l'intérieur des turbines, est réalisé après les maintenances planifiées.

Aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans les éoliennes Vestas.

Art. 17 – Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

La formation BST (Basic Safety Training) forme tous les techniciens Vestas et ses sous-traitants aux risques et à la conduite à tenir en cas de problème. Les techniciens Vestas disposent également de formations leur permettant de travailler en toute sécurité. Parmi ces formations : utilisation des extincteurs, habilitation au travail en hauteur, habilitations électriques ou encore formation Sauveteur Secouriste du Travail (SST).

Art. 18 – 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 pâles 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.

Tous ces contrôles sont effectués par la société Vestas.



Art. 22 – Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

- 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 indiquent 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.

Les consignes de sécurité et procédures mentionnées dans cet article se retrouvent dans les deux documents :

- Le manuel SST VESTAS répertorie l'ensemble des directives générales de santé et de sécurité au travail, ainsi que les conduites à tenir et les procédures à suivre en cas de fonctionnement anormal.
- Le document « Safety Regulations for operators and technicians » regroupe les règles de sécurité pour le travail à l'intérieur des turbines.

Les éoliennes Vestas ne sont pas concernées par les situations suivantes : haubans rompus ou relâchés et fixations détendues.

Art. 23 – Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

Les détecteurs de fumée font partie des équipements de série sur les turbines Vestas.

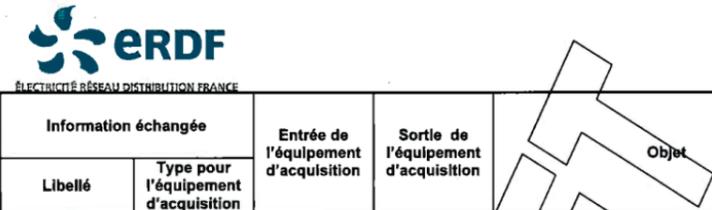
Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions d'IEL Exploitation

La détection de survitesse est également en série sur les turbines Vestas, et testée lors des opérations de maintenance annuelles.

Le poste de livraison (PDL)

Enfin, comme nous l'avons déjà évoqué, les éoliennes peuvent être arrêtées de manière autonome ou par l'action humaine. De la même manière Electricité Réseau Distribution de France (ERDF) peut agir sur le poste de livraison (PDL) par le biais des temporisations. C'est la convention de raccordement qui liste les informations échangées entre distributeur (ERDF) et exploitant (PDL). Le PDL doit respecter les temporisations indiquées pour la mise en œuvre des protections automatiques. Ces temporisations sont vérifiées par un bureau de contrôle (Veritas, Apave, Socotec,...) et testées par le personnel d'ERDF avant toute mise en service pour garantir la bonne communication et le bon fonctionnement des équipements avec l'agence de conduite des réseaux (ERDF). Ces temporisations sont définies en fonction du projet à raccorder et du réseau existant sur lequel on se raccorde.

Ci-dessous un extrait d'une convention de raccordement d'un projet éolien exploité par IEL Exploitation.



Information échangée		Entrée de l'équipement d'acquisition	Sortie de l'équipement d'acquisition	Objet	Durée minimale de maintien pour un échange valide	Délai maximal de mise en œuvre après échange
Libellé	Type pour l'équipement d'acquisition					
Centrale Couplée/Déconnectée	TSD	Relais de Tout-ou-Rien double à contact maintenu libre de potentiel	Néant	Position couplée au Réseau d'un ou plusieurs générateur(s) ou position déconnectée de tous les générateurs du Site	20 ms	Sans objet
ES/HS RSE	TCD + TSD	Idem ci-dessus	Relais de Tout-ou-Rien double à contact maintenu de passage libre de potentiel	Commande et position de la mise en/hors RSE de la Protection de Découplage de l'Installation de Production. La mise en RSE est préalable à l'exécution de travaux sous tension HTA sur le raccordement. L'information de position est activée en permanence, la commande mise en RSE à distance est prioritaire sur la commande par clé.	50 ms	100 ms
ES/HS Téléaction	TCD + TSD	Idem ci-dessus	Idem ci-dessus	Commande et position de la mise en/hors service de la téléaction des protections de type 1.4. La mise en HS de la téléaction est utilisée en cas de reprise de l'Installation par un autre départ HTA.	50 ms	100 ms



En outre, la convention de raccordement détaille les différentes protections électriques qui doivent être respectées par IEL Exploitation. A titre d'information, vous trouverez ci-après des extraits d'une convention de raccordement qui établit les engagements d'IEL Exploitation liés aux protections électriques.

ELECTRICITÉ RÉSEAU DISTRIBUTION FRANCE

ANNEXE 5
DESCRIPTIF TECHNIQUE DÉTAILLÉ DU(DES) POSTE(S) DE LIVRAISON

Une liste des principaux matériels avec leurs nomenclatures et caractéristiques est établie par Poste de Livraison :

- **Bâtiment poste ou enveloppe du poste :** dimensions, accessoires de sécurité, équipement de base (terres, auxiliaires, éclairage, affiches, kits de rechange), données environnementales, aérations, portes et serrurerie
- **Liste et gamme des Unités Fonctionnelles (UF)**
- **Cellule transformateurs de mesure :**
 - type et calibre fusibles HTA,
 - transformateur de tension : type, marque, U1n, U2n, puissance de précision, classe (par enroulement), nature, section et longueur de filerie derrière chaque enroulement
 - type et calibre fusibles BT
- **Cellule protection transformateur :** type et calibre fusible, motorisation
- **Cellule disjoncteur**
 - transformateur de courant : type, marque, I1n, I2n; puissance de précision, classe (par enroulement), type et calibre fusibles, nature, section et longueur de filerie derrière chaque enroulement
- **Motorisation :** cellules motorisées, type de motorisation
- **Protection C13-100**
 - type et marque du relais pour fonction ampèremétrique
 - type et marque du relais pour fonction PWH
- **Protection de découplage**
 - type et marque des relais
- **Alimentation auxiliaire**
 - type, marque, tension, capacité, estimatif de la charge moyenne

Enfin, Avant la mise en service du parc éolien, un bureau de contrôle vérifie le bon fonctionnement du parc éolien sur le PDL. ERDF n'accepte donc pas l'injection du courant électrique sur son réseau, si IEL Exploitation ne fournit pas le rapport de contrôle vierge de toutes remarques. Ce rapport est donc obligatoire et établi par un organisme de contrôle de type Socotec ou Veritas. Ci-dessous un extrait du document avant la mise sous tension du parc éolien, disponible suite à la signature de la convention de raccordement.

mise sous tension aura lieu à compter du au

▪ **M'ENGAGE A :**

- remettre au préalable aux services du distributeur la ou les attestations de conformité concernant ces installations électriques (décret 2003-229 du 13/03/2003).
- respecter les prescriptions réglementaires en vigueur.
- **Ne pas faire d'essais d'injection pendant cette période. Les essais d'injection ne pourront être effectués qu'après la fourniture du consuel de l'installation ou le rapport de vérification de l'organisme de contrôle vierge de toutes remarques au distributeur et après demande et accord du Distributeur, lorsque les conditions requises sont obtenues et après prise de contact avec le chargé de conduite du réseau de permanence à l'Agence de Conduite Régionale identifié dans la convention d'exploitation.**

Rappelons que la convention de raccordement sera signée entre ERDF et IEL Exploitation 9 une fois les autorisations administratives obtenues. La convention n'est pas disponible lors du dépôt du dossier ICPE en Préfecture.

1.14.3 Opérations de maintenance de l'installation

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes Vestas sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, les installations Vestas sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public,...).

Par contre, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours réalisées par une équipe d'au moins deux personnes.

Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci.

Des dispositifs de consignation électrique sont répartis sur l'ensemble des éléments électriques afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

1.14.3.1 Formation des personnels

Les personnels intervenant sur les éoliennes, tant pour leur montage, que pour leur maintenance, sont des personnels Vestas, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité.

Toutes les interventions (pour montage, maintenance, contrôles) font l'objet de procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

1.14.3.2 Entretien préventif du matériel

La liste des opérations à effectuer sur les diverses machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures. Les principaux contrôles effectués sont présentés ci-après.

Composants	Opérations
Etat général	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
Moyeu	Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
Pales	Vérification des roulements et du jeu Vérification des joints d'étanchéité Inspection visuelle des pâles, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bruits anormaux Vérification des bandes paratonnerres
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux et des vibrations Vérification du fonctionnement du système de lubrification Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification des bruits anormaux Vérification du système de lubrification
Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
Système d'inclinaison des pâles (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements

Inspection après 3 mois de fonctionnement

Multiplicateur	Changement d'huile et nettoyage du multiplicateur si nécessaire Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc... Vérification d'absence de fuites au niveau des points de lubrification Vérification des capteurs de débris
Huile du multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification des composants du bloc hydraulique et des pompes
Système de freinage	Vérification des étriers, des disques et des plaquettes de freins Inspection des entrées et des sorties de tuyaux
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des fuites de liquides de refroidissement et de graisse Lubrification des roulements
Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Vestas Cooler Top™	Vérification boulons
Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et les pompes
Onduleur	vérification du fonctionnement de l'onduleur.
Capteur de vent et balisage aérien	Vérification du bon fonctionnement du balisage aérien et inspection visuelle du capteur de vitesse de vent.
Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
Transformateur	Inspection mécanique et électrique du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre

*Ces vérifications sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Les opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

Composants	Opérations
Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Remplissage du distributeur de graisse
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification du câble connectant les bandes anti-foudre Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre
Système d'inclinaison des pâles (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pâles Vérification de la pression des accumulateurs Vérification de la tension des fixations des accumulateurs Vérification des boulons Vérification des pistons des vérins hydrauliques
Arbre principal	Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Vérification de l'ajustement des capteurs RPM Lubrification des boulons de blocage du rotor
Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans
Multiplicateur	Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air tous les 10 ans Remplacement du système de détection de particules tous les 10 ans Vérification des flexibles de drainage. Remplacement si nécessaire. Remplacement des flexibles de drainage tous les 10 ans Remplacement des tuyaux tous les 7 ans Inspection des boulons du système d'accouplement entre le multiplicateur et l'arbre principal tous les 4 ans Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse
Système de freinage	Vérification du câblage des capteurs d'usure et de chaleur Remplacement des plaquettes de freins tous les 7 ans
Générateur	Vérification du bruit des roulements Vérification du système de graissage automatique Vérification du système de refroidissement
Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans
Système hydraulique	Vérification des niveaux d'huile et remplacement si nécessaire Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Changement d'huile selon les rapports d'analyse Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le

Inspection après chaque année de fonctionnement

	filtre) Contrôle des flux et de la pression Vérification de la pression dans le système de frein
Vestas Cooler Top™	Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres
Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans
Capteur de vent et balisage aérien	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent et du bon fonctionnement du balisage.
Nacelle	Changement des filtres à air Changement des batteries des processeurs
Tour	Changement des filtres de ventilation contaminés Maintenance de l'élèveur de personnes
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur
Système d'orientation nacelle (Yaw System)	Lubrification de la Couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des radiateurs en cas de défaillance
Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sauvetage Vérification de la date d'inspection des extincteurs Test des détecteurs de fumée (si installés) Vérification du système antichute

1.14.3.3 Contrôles réglementaires périodiques

Les contrôles réglementaires concernent les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques). Ils sont réalisés par des organismes agréés.

Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

1.14.3.4 Maintenance curative

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



1.14.3.5 Prise en compte du retour d'expérience

Dans l'organisation Vestas, chaque incident ou défaillance est remonté systématiquement via un rapport détaillé dans une base de données générale. Toutes ces informations sont utilisées dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.

Ainsi, les principaux axes d'amélioration ont porté sur :

- La mise en sécurité de la machine lors de vents violents ;
- Une meilleure gestion du risque d'incendie de la nacelle ;
- L'amélioration des dispositifs de protection contre les effets de la foudre ;
- La recherche de solutions pour limiter les effets de la formation de glace ou d'accumulation de neige ;
- L'étude de solutions visant à limiter les contraintes sur les équipements, qui peuvent accélérer l'usure et le vieillissement de ces équipements.

1.14.4 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc de Québriac.

1.15 Fonctionnement des réseaux de l'installation

1.15.1 Raccordement électrique

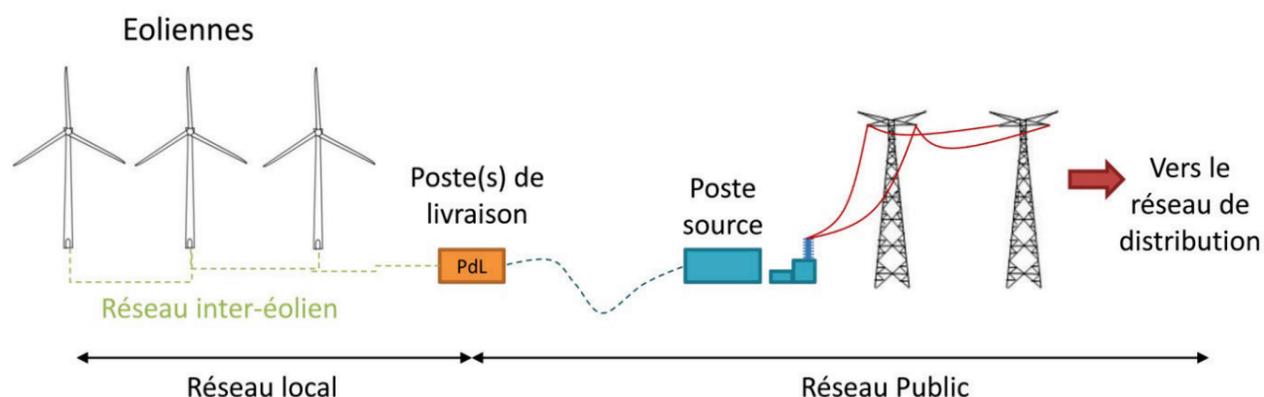


Figure 4 : Raccordement électrique des installations

❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne⁸, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

Le réseau inter-éolien est composé de câbles de différentes caractéristiques selon leurs emplacements. Les câblages seront constitués de trois brins en aluminium avec des sections comprises entre 95mm² et 240mm² selon leurs longueurs et qu'ils relient les éoliennes entre elles ou les éoliennes et le poste de livraison.

❖ Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

La localisation exacte des emplacements des postes de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

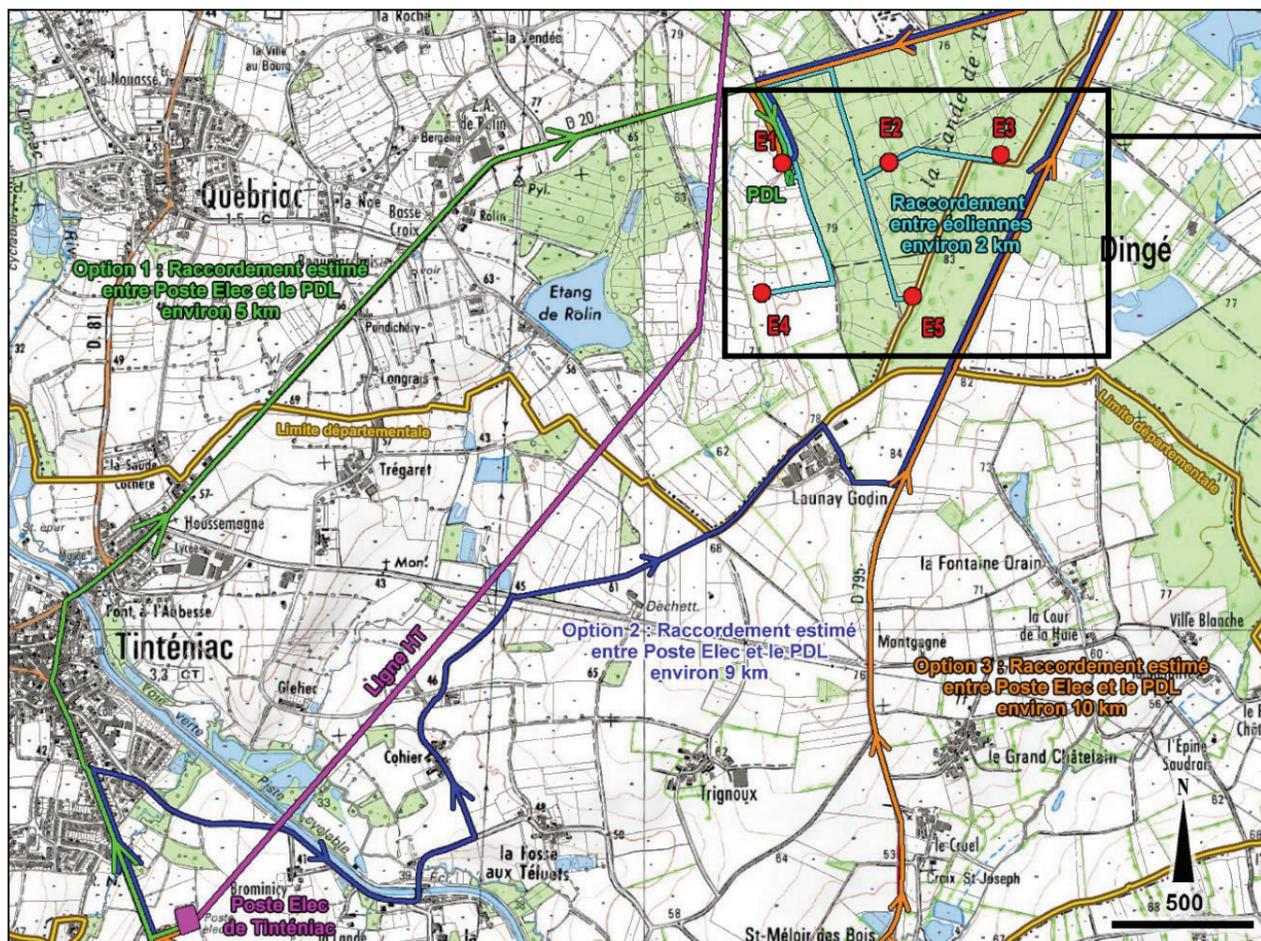
⁸ Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.



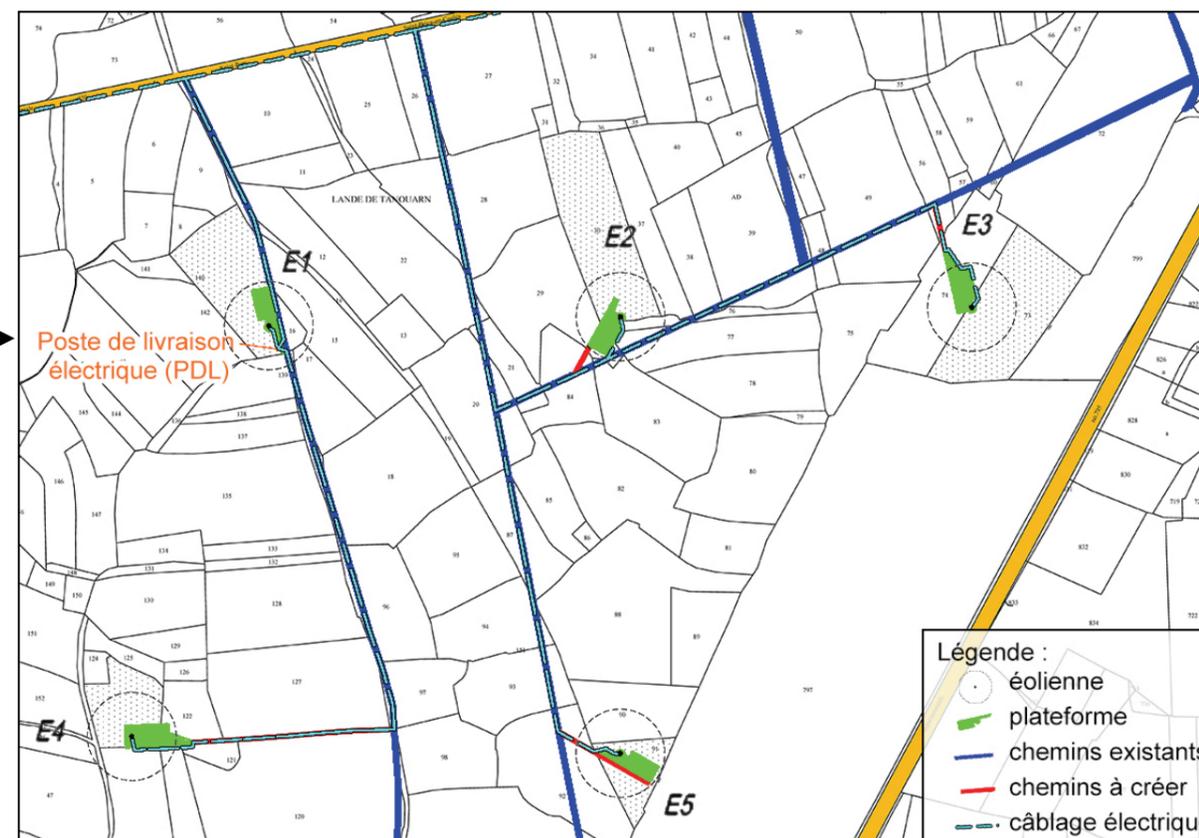
3 – ÉTUDE DE DANGERS –

❖ Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ERDF- Électricité Réseau Distribution France). Il est lui aussi entièrement enterré (en vert).



Carte 27 : Le raccordement électrique des éoliennes
Source : Géoportail / IEL



Carte 28 : Détail de l'implantation

1.15.2 Autres réseaux

Le parc éolien de Québriac ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.



Identification des potentiels de dangers de l'installation

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

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

1.16 Potentiels 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 Québriac sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

Le tableau ci-après synthétise les dangers liés aux produits présents sur site. Ces dangers dépendent de 3 facteurs :

- la quantité de produit stockée ou utilisée,
- les conditions de stockage ou de mise en œuvre,
- la nature du produit lui-même et ses caractéristiques dangereuses.

La majorité des produits entrants sont des lubrifiants permettant le bon fonctionnement des machines. Ils ne sont pas classés comme des produits inflammables mais restent cependant combustibles. La nature de ces produits ainsi que leur volume limité rend le potentiel de danger négligeable, d'autant plus que des mesures sont prévues en cas de pollution et d'incendie (Cf. Fonctions de sécurité N°7 « Protection et intervention incendie » et N°8 « Prévention et rétention des fuites »).

Désignation	Lieu de lubrification	Type	Quantité	Classe de matière dangereuse
Varido FSK 45	Système de refroidissement/ Génératrice/Convertisseur	Liquide de refroidissement	env, 70 L	Xn
Klüberplex BEM 41-132	Roulements de la génératrice	Graisse	env. 9,4kg	-
Mobilgear XMP 320 Pour CCV: Optigear Synthetic A320 Optigear Synthetic X320 Mobilgear SHC XMP 320	Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Graisse	450 L ou 550 L ou 650 L	-
Shell Tellus S4 VX 32	Système hydraulique	Huile minérale	env. 25 L	-
Mobil SHC Graisse 460 WT	Palier de rotor	Graisse	env, 30 kg	-
Mobil SHC Graisse 460 WT	Roulement d'orientation de pale / Voie de roulement	Graisse	3 * 4,9 kg	-
Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Engrenage	Graisse	env. 0,5 kg	-
Mobil SHC 629	Engrenage (orientation de pale)	Huile synthétique	3 * 11 L	-
Mobil SHC 630	Engrenage de système d'orientation	Huile synthétique	3/4 * 21 L	-
Mobil SHC Graisse 460 WT	Roulements de système d'orientation/ Voie de roulement	Graisse	3,8 kg	-
Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Engrenage	Graisse	env. 0,5 kg	-

*Explosible (E), Comburant (O), Extrêmement inflammable (F+), Facilement inflammable (F), Inflammable (R10), Très toxique (T+), Toxique (T), Nocif (Xn), Corrosif (C), Irritant (Xi), Sensibilisant (R42, R43), Cancérogène (CCx) (x valant 1, 2 ou 3), Mutagène (MCx) (x valant 1, 2 ou 3), Toxique pour la reproduction (RCx) (x valant 1, 2 ou 3), Dangereux pour l'environnement (N)

Tableau 10 : Caractéristiques des produits utilisés pour l'entretien d'une éolienne asynchrone de 2MW



1.17 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.)
- Projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.)
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur
- Echauffement de pièces mécaniques
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

1.18 Réduction des potentiels de dangers à la source

1.18.1 Principales actions préventives

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

❖ Le choix de l'emplacement de l'installation :

Plusieurs raisons expliquent le choix du site d'implantation ; ce site permet en effet un éloignement significatif des éoliennes par rapport aux enjeux humains, matériels et naturels. Pour définir l'implantation des éoliennes nous avons pris en compte :

- Une distance de 500 mètres par rapport aux habitations les plus proches et aux zones destinées à l'habitation ;
- Un espace suffisamment important pour y installer plusieurs éoliennes ;
- Le contexte du massif forestier lié principalement à la sylviculture : cela implique l'absence de randonneurs sur le site.

En somme, l'éloignement aux hameaux et les caractéristiques intrinsèques du site permettent d'écarter les éoliennes de ces enjeux. Ainsi les potentiels de dangers sont réduits.

❖ Le choix des caractéristiques des éoliennes :

Les dangers des équipements sont principalement dus au caractère mobile de ceux-ci (pièces en rotation) et à leur situation (à plusieurs dizaines de mètres au dessus du sol). Ceci peut entraîner des chutes ou projection de pièces au sol.

Un autre danger est lié à la présence d'installations électriques avec des tensions élevées (jusqu'à 20 000 volts), dont le dysfonctionnement peut être à l'origine d'incendies.

Les équipements qui constituent à ce jour l'éolienne sont tous indispensables à son fonctionnement. Il n'est donc pas possible a priori de les substituer.

Le modèle d'éoliennes choisi (Vestas V100 - 2 MW) dispose :

- de pâles en matériaux composites, plus légères et moins sujettes aux phénomènes de fatigue ;
- d'un dispositif d'orientation des pâles permettant de fonctionner par vent faible et de diminuer les contraintes par vent fort ;
- d'un dispositif aérodynamique d'arrêt en cas de survitesse ;
- de dispositifs de surveillance des dysfonctionnements électriques (détecteur d'arcs notamment).

1.18.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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



Analyse des retours d'expérience

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

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

1.19 Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien de *Québriac*. 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.

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004)
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable
- 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.

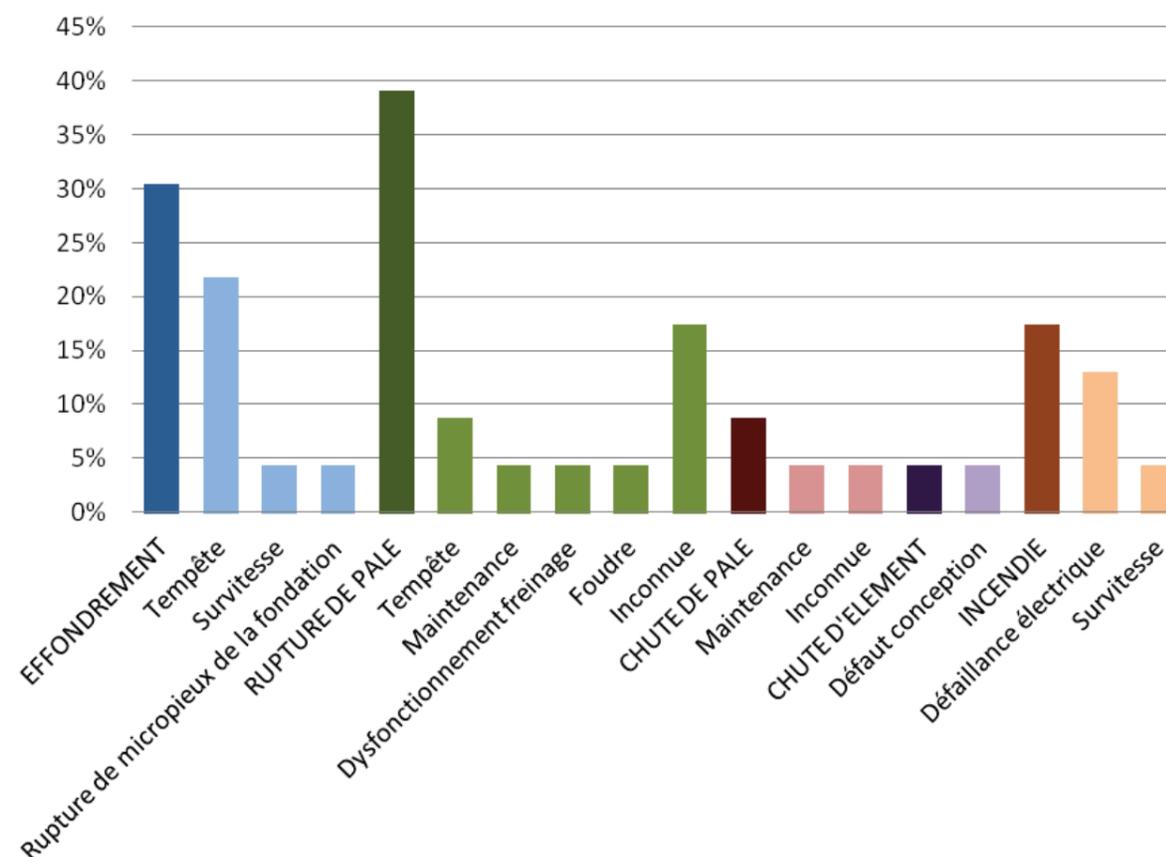
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 51 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2015 (voir tableau détaillé en annexe 2).

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2015. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des événements effondrement, rupture de pôle, chute de pôle, 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 2015

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



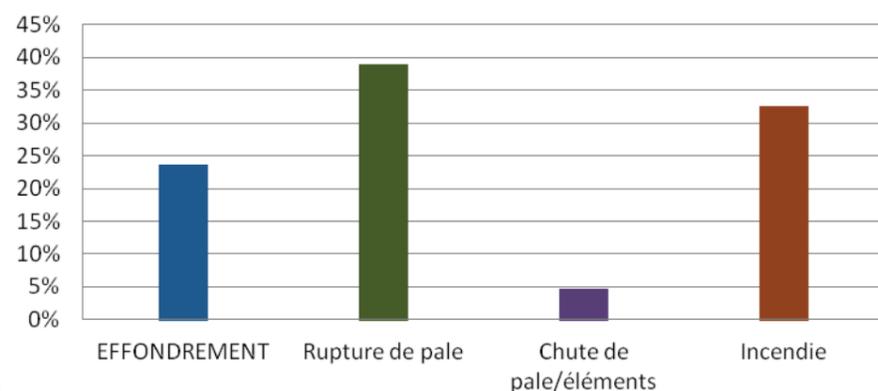
1.20 Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

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

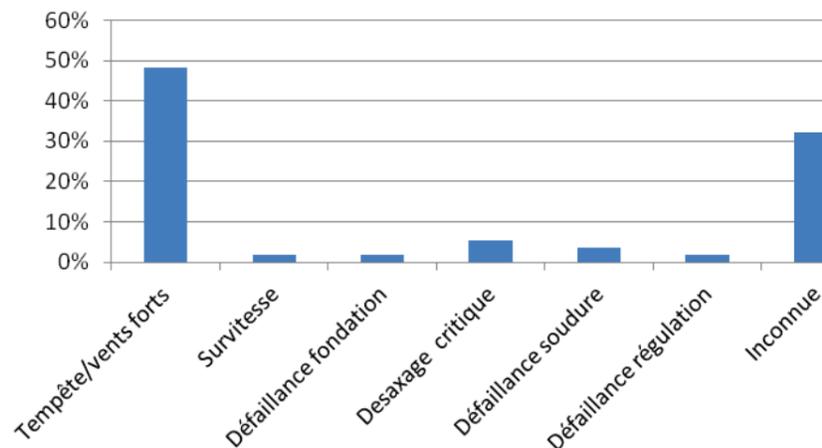
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

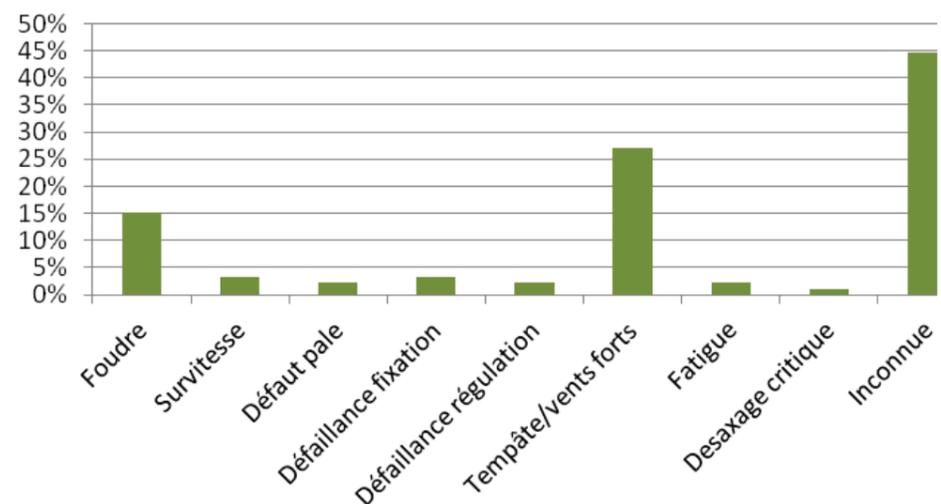


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

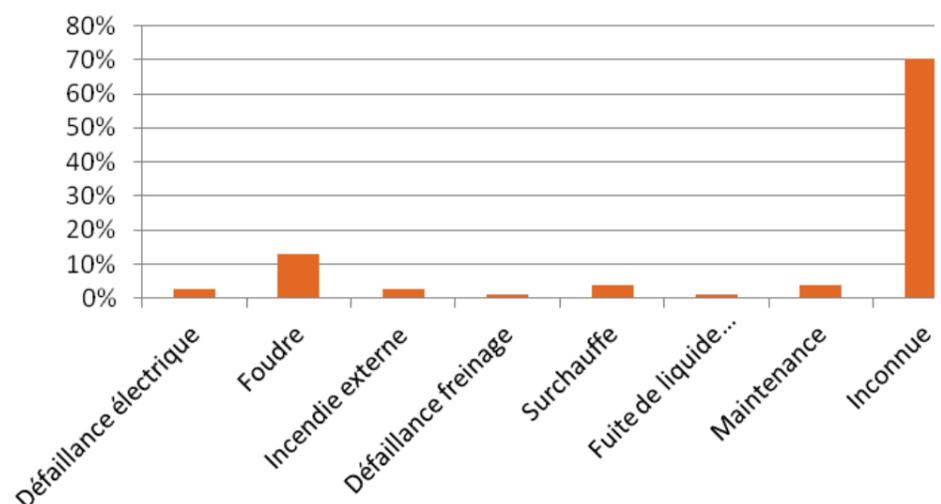
Répartition des causes premières d'effondrement



Répartition des causes premières de rupture de pale



Répartition des causes premières d'incendie



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



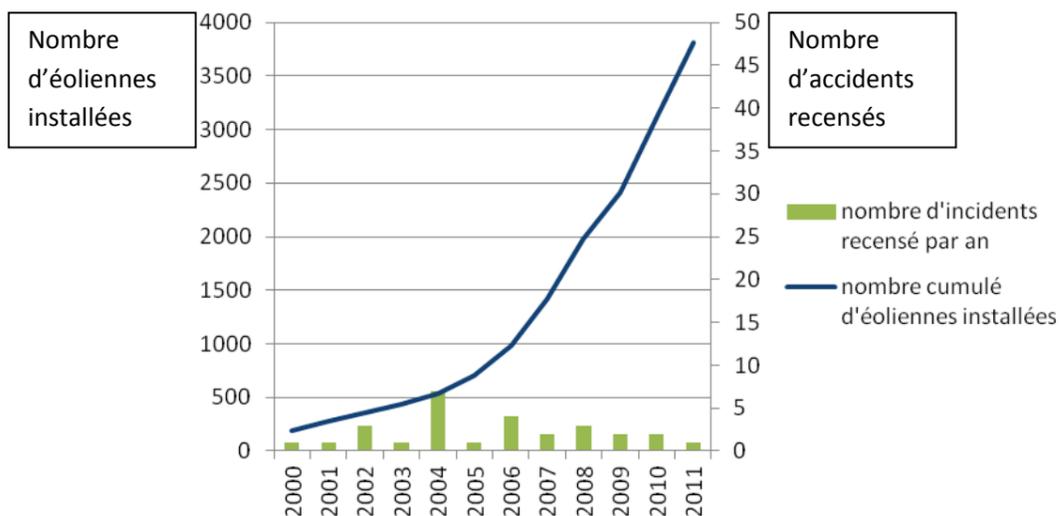
1.21 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

1.21.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

La figure ci-dessous 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.



Graphique 3 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées
(On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant)

1.21.2 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 :

Type d'accident	Occurrence dans l'accidentologie française depuis 2000	Technologie récente
Effondrement	17%	Non à 85%
Rupture de pâles	41%	Non à 59%
Chute de pâles ou d'éléments	3%	Non à 100%
Incendie	22%	Oui à 88%
Autre (Transport, maintenance)	17%	Oui à 77%

1.22 Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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



Analyse préliminaire des risques

1.23 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

1.24 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

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

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

1.25 Recensement des agressions externes potentielles

1.25.1 Agression externes liées aux activités humaines

Le guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers nous invite à recenser les principales agressions externes liées aux activités humaines dans un périmètre donné autour des éoliennes, périmètre défini par le guide technique. Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre de recensement	Distance par rapport au mât des éoliennes (m)				
					E1	E2	E3	E4	E5
Voies routières de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	>200m	>200m	162m	>200m	>200m
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	396m	396m	396m	489m	>500m
Sylviculture Agriculture	Exploitation sylvicole agricole	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	12 m	35m	125m	188m	63,2m
Lignes électriques haute tension	Transport d'électricité	Effondrement de la ligne électrique ou d'un pylône	Endommagement des équipements, électrocution de personnes, incendie	200m	>200m	>200m	>200m	>200m	>200m

Tableau 11 : Les agressions externes liées aux activités humaines



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

1.25.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	L'intensité maximale des vents observée dans le secteur est d'environ 60 m/s. L'emplacement n'est pas compris dans une zone affectée par des cyclones tropicaux.
Foudre	Le niveau kéraunique du département d'Ille et Vilaine est évalué à 10 jours d'orage par an soit moins que la normale française. Les aérogénérateurs choisis respectent la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Retrait gonflement des argiles	Le site est en situé en aléa faible pour le retrait et gonflement des argiles. Les éoliennes seront ancrées à une profondeur de plus de 3m.)
risque sismique	La sismicité de la zone est de classe 2 (faible). Les éoliennes seront ancrées à une profondeur de plus de 3m.)

Tableau 12 : Les agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques dès lors que la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après. Vous trouverez à ce titre cette certification Vestas en annexe du dossier d'autorisation ICPE.

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

1.26 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie,

« F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

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



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

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

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

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



1.27 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 ».

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

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

1.28 Mise en place des mesures de sécurité

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-après un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.

- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

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 pâles 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	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	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		

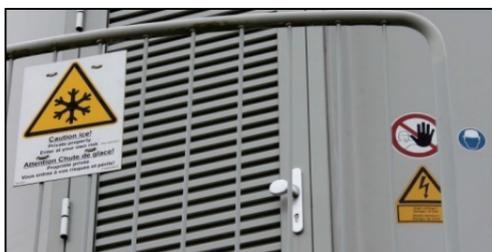
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Éloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA ⁹		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

⁹ Non Attribué



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Exemples de signalétique :



Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc). Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement. 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.		

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 pâles) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute IEL Exploitation est 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 de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
Description	<p>Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.</p> <p>Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine.</p> <p>La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	50 millisecondes		
	Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions d'IEL Exploitation		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	<p>Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé.</p> <p>Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.</p>		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	<p>Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pâles sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pâles. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pôle. Le pied de pôle est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pôle et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pôle). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille.</p> <p>En cas de coup de foudre sur une pôle, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pâles 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.		



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	<p>1. Sondes de température sur pièces mécaniques.</p> <p>Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement.</p> <p>Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>Système de détection incendie</p>		
Description	<p>. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La chambre du transformateur - Le générateur - La cellule haute tension - Le convertisseur - Les armoires électriques principales - Le système de freinage. <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		

Indépendance	Oui
Temps de réponse	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions d'IEL Exploitation. IEL Exploitation sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>
Efficacité	100 %
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.
Maintenance	<p>Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012</p> <p>Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé.</p> <p>Maintenance prédictive sur les capteurs de température.</p>



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	<ol style="list-style-type: none"> Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) Procédure d'urgence Kit antipollution Bacs de rétention 		
Description	<ol style="list-style-type: none"> Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pâle) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pâles). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pâles en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pâle) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pâle. La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne. Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. 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. Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent : <ul style="list-style-type: none"> 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 ...) 		

	<ul style="list-style-type: none"> de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
Efficacité	100 %
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Dépendant du débit de fuite.
Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

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 qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pâles respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23. De plus, des organismes compétents externes, mandatés par IEL Exploitation, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation. L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge d'IEL Exploitation et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pâles au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam 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	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle		
Description	1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt lorsque que la vitesse de vent maximale est dépassée. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pâles. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pâles « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pâles < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		



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, IEL Exploitation 9 fera réaliser 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.

1.29 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

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

- Projection de tout ou une partie de pôle
- Effondrement de l'éolienne
- Chute d'éléments de l'éolienne
- Chute de glace
- Projection de glace

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

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 ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les <u>températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C</u>	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.



Étude détaillée des risques

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

1.30 Rappel des définitions

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 toxicité.

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.

1.30.1 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 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

1.30.2 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 [13]).

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

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

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

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

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

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

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

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



1.30.3 Gravité

Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

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

1.30.4 Probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$P_{\text{présence}}$ = 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_{accident}) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.



1.31 Caractérisation des scénarios retenus

1.31.1 Effondrement de l'éolienne

❖ Zone d'effet

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Québriac. R est la longueur de pôle (R=50m), H la hauteur du mât (H=100m), L la largeur du mât (L=4,20m) et LB la largeur de base de la pôle (LB=3.91m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pôle)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$(H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$ Pour R = 50m, H= 100m, LB=3,9m et L= 4,2m $Z_i = 712,5 \text{ m}^2$	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$ $Z_e = 70\,685 \text{ m}^2$	1,01%	exposition forte

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

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pôle)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,65	Sérieux
E2	0,08	Sérieux
E3	0,09	Sérieux
E4	0,07	Sérieux
E5	0,09	Sérieux

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

❖ Probabilité

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

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

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



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

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'expérience¹⁰, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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

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

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

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

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

❖ Acceptabilité

Selon le guide l'étude dangers, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Québriac, 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)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	acceptable
E2	Sérieux	acceptable
E3	Sérieux	acceptable
E4	Sérieux	acceptable
E5	Sérieux	acceptable

¹⁰ 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.

Ainsi, pour le parc éolien de Québriac, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque **acceptable pour les personnes**. Ce phénomène est représenté graphiquement en partie VIII.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques » à partir de la page 58.

1.31.2 Chute de glace

❖ Considérations générales

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

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

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

❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pâles, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Québriac, la zone d'effet a donc un rayon de 50 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pâles n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Québriac. Zi est la zone d'impact, Ze est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R=50m), S_G est la surface du morceau de glace majorant (S_G= 1 m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Zi = S _G	Ze = π x R ²	d = Zi / Ze	exposition modérée
Zi = 1m ²	Ze = 7854m ²	d = 0,00013 (< 1 %)	

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



❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.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)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,22	modérée
E2	0,01	modérée
E3	0,01	modérée
E4	0,01	modérée
E5	0,01	modérée

❖ Probabilité

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

❖ Acceptabilité

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	modérée	acceptable
E2	modérée	acceptable
E3	modérée	acceptable
E4	modérée	acceptable
E5	modérée	acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Québriac, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque **acceptable** pour les personnes. Ce phénomène est représenté graphiquement en partie VIII.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques » à partir de la page 58.

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

1.31.3 Chute d'éléments de l'éolienne

❖ Zone d'effet

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

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



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

❖ 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 Québriac. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R la longueur de pale ($R=50$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 3,9$).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$ $Z_i = 97,5 \text{ m}^2$	$Z_e = \pi \times R^2$ $Z_e = 7854 \text{ m}^2$	$d = Z_i / Z_e$ $d = 1,24\%$ ($> 1\%$)	exposition forte

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

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.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 100 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,22	sérieux
E2	0,01	sérieux
E3	0,01	sérieux
E4	0,01	sérieux
E5	0,01	sérieux

❖ Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pâles 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 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

❖ Acceptabilité

Selon le guide de l'étude de dangers, 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. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Québriac, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	sérieux	acceptable
E2	sérieux	acceptable
E3	sérieux	acceptable
E4	sérieux	acceptable
E5	sérieux	acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Québriac, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes. Ce phénomène est représenté graphiquement en partie VIII.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques » à partir de la page 58.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

1.31.4 Projection de pâles ou de fragments de pâles

❖ Zone d'effet

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

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

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Québric. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R la longueur de pôle ($R=50$ m) et LB la largeur de la base de la pôle ($LB=3,9$ m).

Projection de pôle ou de fragment de pôle (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$ $Z_i = 97,5m^2$	$Z_e = \pi \times R^2$ $Z_e = 7\,854m^2$	0,01% (< 1 %)	Exposition modérée

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pôle. **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 et la gravité associée :

Projection de pôle ou de fragment de pôle (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	10,68	important
E2	8,53	sérieux
E3	23,79	important
E4	3,05	sérieux
E5	19,54	important

❖ Probabilité

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

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

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

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

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

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



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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre
- 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 pâles (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.)

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

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

❖ Acceptabilité

Selon le guide de l’étude de dangers, avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d’un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d’effet. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de *Québriac*, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	important	acceptable
E2	sérieux	acceptable
E3	important	acceptable
E4	sérieux	acceptable
E5	important	acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de *Québriac*, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes. Ce phénomène est représenté graphiquement en partie VIII.3.2 « Synthèse de l’acceptabilité des risques » à partir de la page 55.

1.31.5 Projection de glace

❖ Zone d’effet

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

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

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d’évaluer l’intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de *Québriac*. d est le degré d’exposition, Zi la zone d’impact, Ze la zone d’effet, R la longueur de pale (R=50m), H la hauteur au moyeu (H=100m), et SG la surface majorante d’un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l’éolienne)			
Zone d’impact en m ²	Zone d’effet du phénomène étudié en m ²	Degré d’exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$ $Z_i = 1m^2$	$Z_e = \pi \times (1,5 \times (H+2R))^2$ $Z_e = 282\,743$	4×10^{-4} (< 1 %)	Exposition modérée



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne = 297m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	1,48	Sérieux
E2	0,35	Modéré
E3	0,34	Modéré
E4	0,86	Modéré
E5	0,88	Modéré

Ici, conformément à la trame type de l'étude de dangers, seules les personnes non-abritées seront prises en compte.

❖ 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 proposée pour cet événement.

❖ Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R)$ autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Sérieux	Oui	acceptable
E2	Modéré	Oui	acceptable
E3	Modéré	Oui	acceptable
E4	Modéré	Oui	acceptable
E5	Modéré	Oui	acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Québriac, le phénomène de projection de glace constitue un risque **acceptable pour les personnes**. Ce phénomène est représenté graphiquement en partie VIII.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques » à partir de la page 58.



1.32 Synthèse de l'étude détaillée des risques

1.32.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pôle	Rapide	exposition forte	D (pour des éoliennes récentes) ¹¹	Sérieux
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	exposition forte	C	Sérieux
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré
Projection de pôle ou fragment de pôle	500 m autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (éoliennes récentes) ¹²	Sérieux pour E2 et E4 Important pour E1, E3 et E5
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Sérieux pour E1 Modéré pour E2 à E4

¹¹ Voir paragraphe VIII.2.1

¹² Voir paragraphe VIII.2.4



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

1.32.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

Les accidents potentiels identifiés sont de cinq sortes :

- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute d'élément de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de pôle ou de fragment de pôle ;
- Projection de glace.

Pour chaque accident potentiel, nous retenons l'événement le plus fort en termes de probabilité et de gravité. Ci-dessous vous trouverez donc la matrice de criticité, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée.

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		Projection de pôle E1, E3, E5			
Sérieux		Projection de pôle E2 et E4 Effondrement de l'éolienne E1 à E5	Chute d'élément de l'éolienne E1 à E5	Projection de glace E1	
Modéré				Projection de glace E2 à E5	Chute de glace E1 à E5

Légende de la matrice :

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

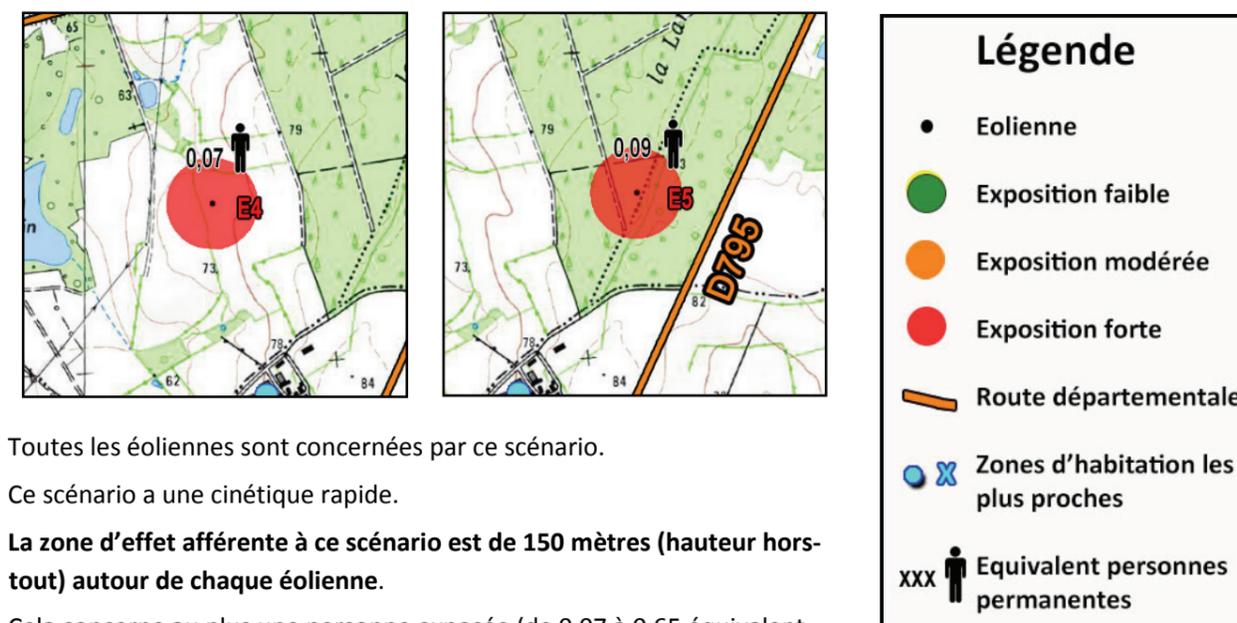
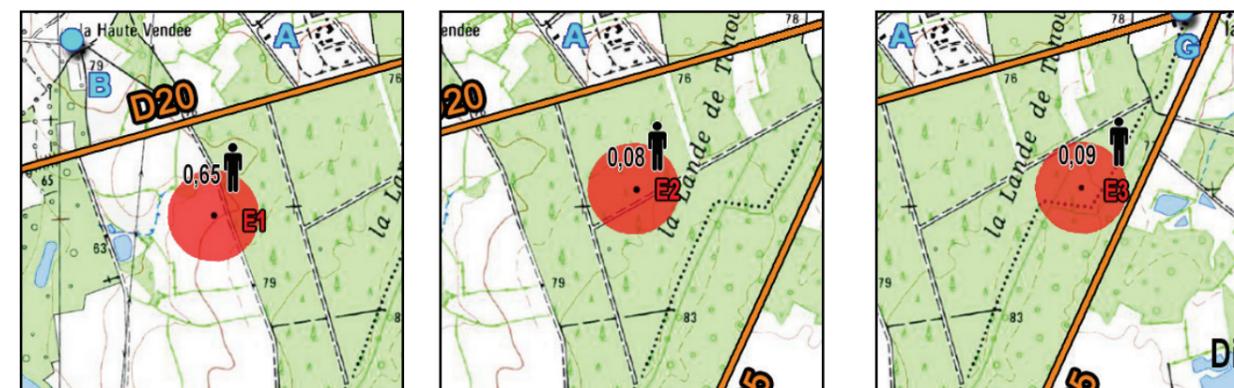
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- Quatre accidents figurent dans les cases jaunes. Pour ces cas, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 sont mises en place.

Enfin, d'après la matrice présentée ci-avant le risque associé à chaque événement étudié est acceptable. Nous pouvons alors conclure que l'acceptabilité du risque généré par le parc éolien de Québriac est acceptable.

1.32.3 Cartographie des risques

- Effondrement de l'éolienne

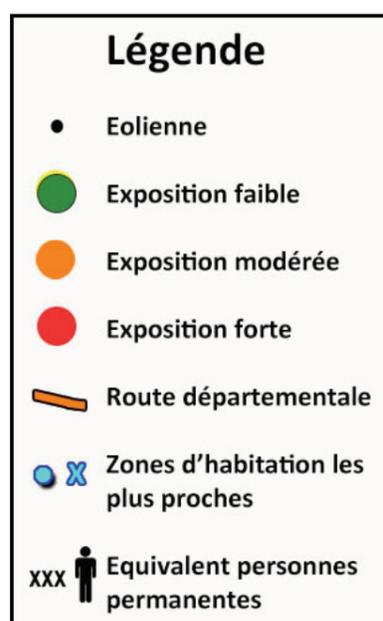
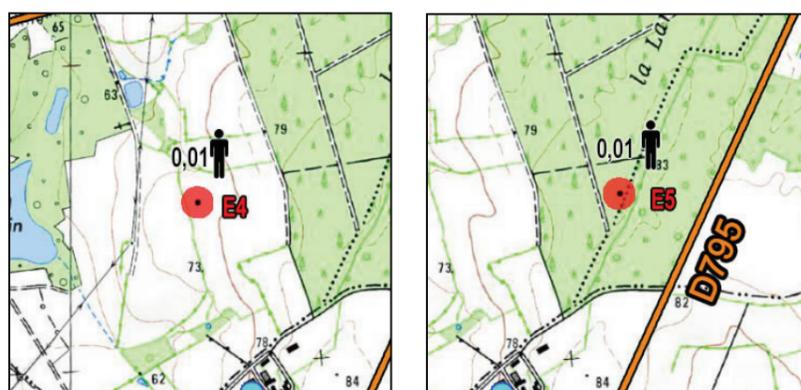
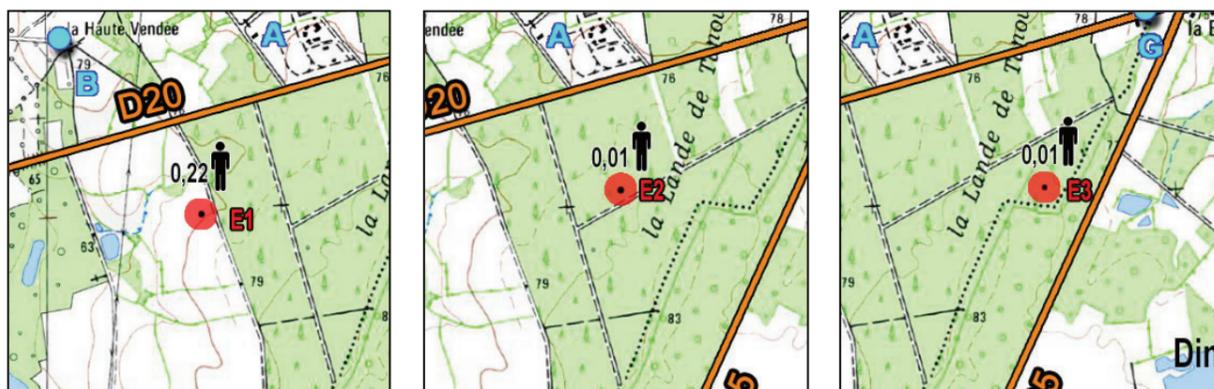


- Toutes les éoliennes sont concernées par ce scénario.
- Ce scénario a une cinétique rapide.
- La zone d'effet afférente à ce scénario est de 150 mètres (hauteur hors-tout) autour de chaque éolienne.
- Cela concerne au plus une personne exposée (de 0,07 à 0,65 équivalent personnes permanentes selon les éoliennes).
- En termes d'intensité, l'exposition est forte.
- La probabilité d'occurrence de ce scénario est de D (Rare : « s'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité. »).
- La gravité de ce scénario est qualifiée de sérieuse.



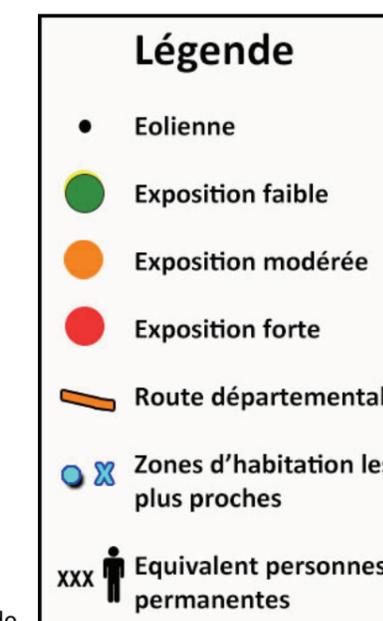
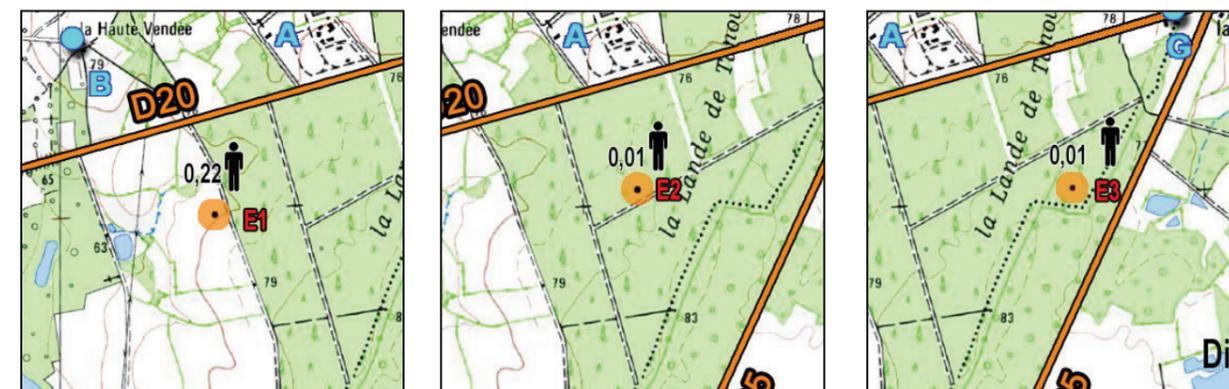
3 – ÉTUDE DE DANGERS –

- Chute d'éléments de l'éolienne



- Ce scénario concerne les cinq éoliennes de la même manière.
- Sa cinétique est rapide.
- **La zone d'effet afférente à ce scénario est de 50 mètres** (rayon du rotor des éoliennes choisies dans le cadre du projet) et concerne de 0,01 à 0,22 équivalents personnes permanentes.
- En termes d'intensité, l'exposition est forte.
- La probabilité d'occurrence de ce scénario est de C (**Improbable** : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité. »).
- La gravité de ce scénario est qualifiée de sérieuse.

- Chute de glace :

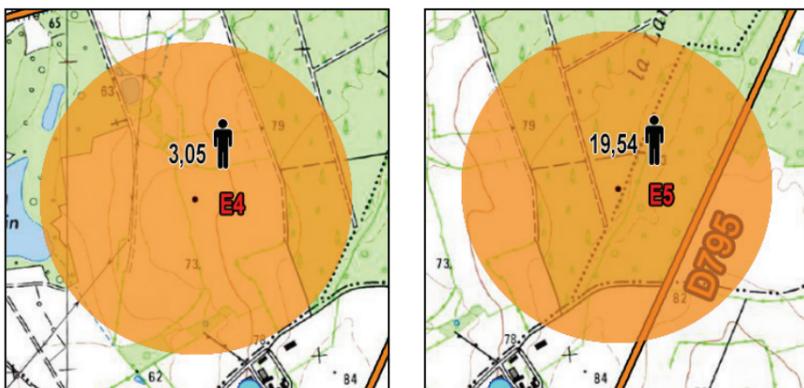
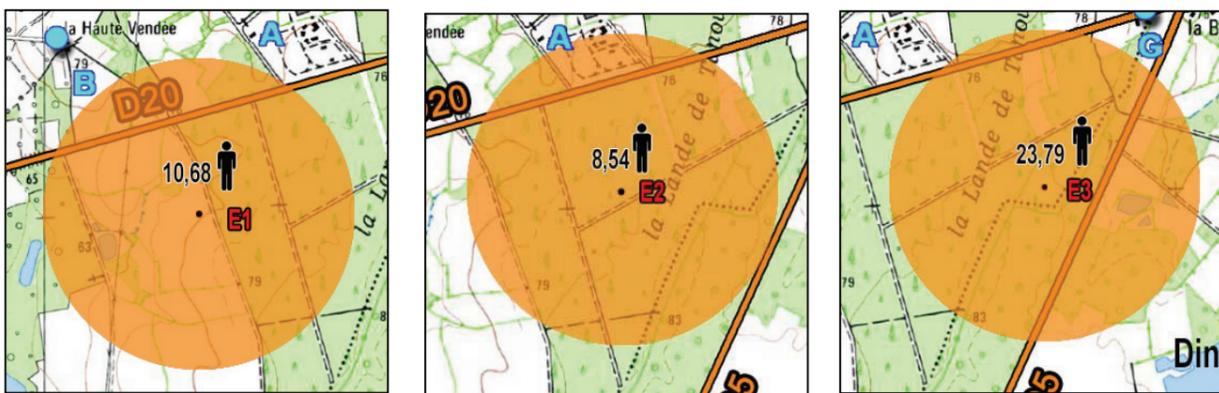


- Ce scénario concerne les cinq éoliennes de la même manière.
- Sa cinétique est rapide.
- **La zone d'effet afférente à ce scénario est de 50 mètres** (taille de pâles des éoliennes choisies dans le cadre du projet) et concerne de 0,01 à 0,22 équivalents personnes permanentes.
- En termes d'intensité, l'exposition est modérée.
- La probabilité d'occurrence de ce scénario est de B (**Probable** : « S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations. »).
- **Ici, conformément à la trame type de l'étude de dangers, seules les personnes non-abritées sont prises en compte.**
- La gravité de ce scénario est qualifiée de modérée.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

- Projection de pôle ou de fragments de pôle

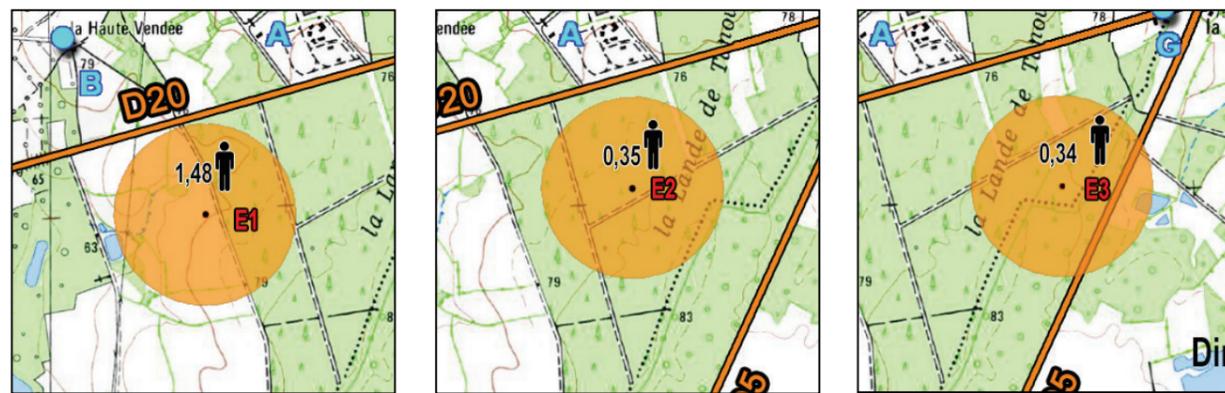


Légende

- Eolienne
- Exposition faible
- Exposition modérée
- Exposition forte
- Route départementale
- ⊗ Zones d'habitation les plus proches
- XXX Equivalent personnes permanentes

- Ce scénario a une cinétique rapide.
- La zone d'effet afférente à ce scénario est de 500 mètres et concerne de fait des équivalentes personnes permanentes différentes.
- En termes d'intensité, l'exposition est modérée.
- La probabilité d'occurrence de ce scénario est de D.
- La gravité de ce scénario est qualifiée de sérieuse pour E2 et E4, importante pour E1, E3, E5.

- Projection de glace :



Légende

- Eolienne
- Exposition faible
- Exposition modérée
- Exposition forte
- Route départementale
- ⊗ Zones d'habitation les plus proches
- XXX Equivalent personnes permanentes

- Ce scénario a une cinétique rapide.
- Les cinq éoliennes sont concernées de la même manière puisque seules les personnes non abritées par leur véhicule sont comptabilisées pour le phénomène de projection de glace.
- La zone d'effet afférente à ce scénario est de $1,5 \times (H+2R)$ soit 300 mètres autour de chaque éolienne.
- En termes d'intensité, l'exposition est modérée.
- La probabilité d'occurrence de ce scénario est de B pour les éoliennes E1 et E3 (**Probable** : « S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations. ») et C pour les éoliennes E2, E4 et E5 (**Improbable** : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité. »). Une probabilité forfaitaire « B – événement probable » est proposée pour cet événement
- Ici, conformément à la trame type de l'étude de dangers, seules les personnes non-abritées sont prises en compte.
- La gravité de ce scénario est qualifiée de sérieuse pour E1 et de modérée pour E2 à E5.



Conclusion

Les principaux accidents majeurs identifiés dans le cadre de l'installation de Québriac sont :

- l'effondrement d'une éolienne ;
- la chute d'éléments de l'éolienne ;
- la chute de glace ;
- la projection de pâles ou de fragments de pale ;
- la projection de glace.

Ces accidents majeurs ont tous une cinétique rapide mais se caractérisent par des gravités et probabilités différentes. De même, leur zones d'effets respectives ne sont pas similaires les unes des autres :

Scénario	Probabilité	Gravité
<i>Effondrement de l'éolienne</i>	D	Sérieux
<i>Chute d'élément de l'éolienne</i>	C	Sérieux
<i>Chute de glace</i>	A	Modéré
<i>Projection de pale ou de fragments de pale</i>	D	Sérieux pour E2 et E4, important pour E1, E3, E5.
<i>Projection de glace</i>	B	Sérieux pour E1 et modéré pour E2 à E4.

Aussi, pour chacun des phénomènes dangereux identifiés, des mesures de sécurité appropriées seront mises en place :

- Concernant l'effondrement de l'éolienne seront mises en place :

La fonction de sécurité n°9 : Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage par le biais de contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, de procédures qualités et attestation du contrôle technique (procédure permis de construire).

La fonction de sécurité n°10 : Prévenir les erreurs de maintenance en appliquant des procédures spécifiques.

La fonction de sécurité n°11 : Prévenir la dégradation de l'état des équipements par l'instauration de procédures de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées et le suivi des données mesurées par les capteurs et sondes installées dans l'éolienne.

La fonction de sécurité n°12 : Prévenir la dégradation de l'état des équipements en adaptant la classe de l'éolienne au site et au régime de vents ainsi que la mise à l'arrêt de la machine par détection de vent fort accompagné d'un freinage aérodynamique commandé par le système de contrôle.

- Concernant la chute d'élément de l'éolienne seront mises en place :

La fonction de sécurité n°9 : Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage par le biais de contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, de procédures qualités et attestation du contrôle technique (procédure permis de construire).

La fonction de sécurité n°10 : Prévenir les erreurs de maintenance en appliquant des procédures spécifiques.

- Concernant la chute de glace sera mise en place :

La fonction de sécurité n°2 : Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace par un panneautage en pied de machines et un éloignement des zones habitées et fréquentées.

La fonction de sécurité n°1 : Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace à l'aide d'un système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pâles de l'aérogénérateur. La procédure de redémarrage peut se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site

- Concernant la projection de pale ou de fragments de pale seront mises en place :

La fonction de sécurité n°4 : Prévenir la survitesse par détection de survitesse et système de freinage.

La fonction de sécurité n°9 : Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage par le biais de contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages, de procédures qualités et attestation du contrôle technique (procédure permis de construire).

La fonction de sécurité n°11 : Prévenir la dégradation de l'état des équipements par l'instauration de procédures de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées et le suivi des données mesurées par les capteurs et sondes installées dans l'éolienne.

La fonction de sécurité n°12 : Prévenir la dégradation de l'état des équipements en adaptant la classe de l'éolienne au site et au régime de vents ainsi que la mise à l'arrêt de la machine par détection de vent fort accompagné d'un freinage aérodynamique commandé par le système de contrôle.

- Concernant la projection de glace sera mise en place :

La fonction de sécurité n°1 : Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace à l'aide d'un système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pâles de l'aérogénérateur. La procédure de redémarrage peut se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.

Ainsi, au vu des caractéristiques de chaque évènement redouté en termes d'intensité, de probabilité et de gravité, au vu des mesures mises en place par IEL Exploitation, les accidents majeurs identifiés les plus significatifs dans le cadre du projet de Québriac sont acceptables.



Annexe 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 (partie III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée. D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie VIII).

1.33 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...) : compté 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.

1.34 Voies de circulation

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

1.34.1 Voies de circulation automobiles

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Exemple : $20\ 000\ \text{véhicules/jour sur une zone de } 500\ \text{m} = 0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40\ \text{personnes}$.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic											
		Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Trafic (en véhicules/jour)	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	

1.34.2 Voies ferroviaires

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

1.34.3 Voies navigables

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

1.34.4 Chemins et voies piétonnes

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

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

1.35 Logements

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

1.36 Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

1.37 Zones 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.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	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	1998	Non	Bris de pâles en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	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	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser 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	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	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	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pâles en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pâles disséminés sur 100 m.	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	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 km.	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	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)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pâles de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pâles et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pâles de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pâles et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pâles		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pâles 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	-



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pôle	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pôle		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pôle	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pôle de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pôles 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	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	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 pôle	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pôle lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pôle	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pôle de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	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	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pôle	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraft (liaison Ouessant-Brest) et une pôle 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)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pôle	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pôle et projection de morceaux de pôle suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pôle	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pôle	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pôle		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pôle	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pôle d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pôle	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pôle est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	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	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	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)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	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	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	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	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
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)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pâles, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure et Loire	2	2008	Oui	Chute d'une pale au pied d'une éolienne sans projection d'éléments. Aucun blessé, aucun dégât	Défaillance du matériau à l'accroche de la pale	Articles de presse / Interne constructeur	
Chute d'éolienne	30/05/2012	Port La Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Chute de l'éolienne	Tempête/éolienne en treillis de 30 m	http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	Non utilisable directement dans l'étude de dangers car éolienne en treillis
Chute d'éléments d'éolienne	1/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	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 de 4 aérogénérateurs		http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie Chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien	Incendie électrique	http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	Non communiqué	Non communiqué	Non communiqué	Une pale s'est décrochée et à percuter le mât	Problème de fixation	http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	
Incendie Chute de pale	17/03/2013	Neuvy	Marne	2,5	2011	Oui	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	défaillance électrique	http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	
Maintenance	01/07/2013	Cambon et Salvergues	Hérault	1,3	2006	Oui	Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient		http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	2	210	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 ² . 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.		http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	2013	Oui	Incendie d'une des éoliennes	Incendie électrique	Articles de presse	
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	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.	L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale.	http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2	2011	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.		http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1.3	2007		A leur arrivée dans un 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 là 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 décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise	http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2.3	2015	Oui	A 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. A 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 dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. 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. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test.	http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	Non car éolienne non mise service/en phase de test lors de l'incident
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2	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.		http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr	



Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

1.38 Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

1.38.1 Scénario G01

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

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

- Système de détection de glace
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

① **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.

1.38.2 Scénario G02

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

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

1.39 Scénarios 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 scénarios devant être regardé :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



1.40 Scénarios 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 dangers. 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, ...).

1.40.1 Scénario F01

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

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pâles 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.

1.40.2 Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

1.41 Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarii de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

1.42 Scénarios relatifs aux risques de projection de pâles ou de fragments de pâles (P01 à P06)

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

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

1.42.1 Scénario P01

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

1.42.2 Scénario P02

Les contraintes exercées sur les pâles - 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 pâles, réparations si nécessaire)

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

1.42.3 Scénarios P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pâles pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

1.43 Scénarios 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, ...



Annexe 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_{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_{rotation} = probabilité que l’éolienne soit en rotation au moment où l’événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)

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

$P_{\text{présence}}$ = 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 pôle	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 pâles 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.



ANNEXE 5 –Glossaire

Les définitions ci-dessous sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010. Ces définitions sont couramment utilisées dans le domaine de l'évaluation des risques en France.

Accident : Événement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

Cinétique : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être 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.

Événement initiateur : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

Événement redouté central : Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

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) vivants 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.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

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'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques) : Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement :

Aérogénérateur : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pâles, ainsi que, le cas échéant, un transformateur

Survitesse : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pâles ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public



Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005
- [9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005