



Étude de dangers

Site éolien de Ploumagoar





SOMMAIRE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

- Introduction..... 4**
 - Contextes.....4
 - Guide technique.....4
- Contexte réglementaire 5**
 - Application du régime des installations classées aux parcs éoliens.....5
 - Réglementation relative à l'étude de dangers5
- Démarche générale de l'étude de dangers 6**
- Etude de dangers 7**
 - I. PREAMBULE 7**
 - I.1. Objectif de l'étude de dangers 7
 - I.2. Contexte législatif et réglementaire 7
 - I.3. Nomenclature des installations classées 7
 - II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION 8**
 - II.1. Renseignements administratifs 8
 - II.2. Localisation du site 8
 - II.3. Définition de l'aire d'étude..... 10
 - III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION 10**
 - III.1. Environnement humain 10
 - III.1.1. Zones urbanisées 10
 - III.1.2. Établissements recevant du public (ERP)..... 12
 - III.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base 12
 - III.1.4. Autres activités 13
 - III.1.5. Conclusion..... 13
 - III.2. Environnement naturel..... 14
 - III.2.1. Contexte climatique..... 14
 - III.2.2. Risques naturels..... 15
 - III.3. Environnement matériel..... 20
 - III.3.1. Voies de communication 20
 - III.3.2. Réseaux publics et privés..... 21
 - III.4. Cartographie de synthèse..... 23
 - IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION 24**
 - IV.1. Caractéristiques de l'installation 24
 - IV.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien..... 24
 - IV.1.2. Activité de l'installation 25
 - IV.1.3. Composition de l'installation 25
 - IV.2. Fonctionnement de l'installation..... 26
 - IV.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur 26
 - IV.2.2. Sécurité de l'installation 27

- IV.2.3. Opérations de maintenance de l'installation 31
- IV.2.4. Stockage et flux de produits dangereux 34
- IV.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation 34
 - IV.3.1. Raccordement électrique..... 34
 - IV.3.2. Autres réseaux..... 34
- V. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION..... 35**
 - V.1. Potentiels de dangers liés aux produits..... 35
 - V.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation 35
 - V.3. Réduction des potentiels de dangers à la source 35
 - V.3.1. Principales actions préventives 35
 - V.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles 36
- VI. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE 36**
 - VI.1. Inventaire des accidents et incidents en France 36
 - VI.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international..... 37
 - VI.3. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience 38
 - VI.3.1. Analyse de l'évolution des accidents en France..... 38
 - VI.3.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents 38
 - VI.4. Limites d'utilisation de l'accidentologie 38
- VII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 38**
 - VII.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques..... 38
 - VII.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques..... 38
 - VII.3. Recensement des agressions externes potentielles..... 39
 - VII.3.1. Agression externes liées aux activités humaines..... 39
 - VII.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels..... 39
 - VII.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques..... 39
 - VII.5. Effets dominos..... 41
 - VII.6. Mise en place des mesures de sécurité..... 41
 - VII.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 46
- VIII. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES 47**
 - VIII.1. Rappel des définitions 47
 - VIII.1.1. Cinétique 47
 - VIII.1.2. Intensité..... 47
 - VIII.1.3. Gravité..... 47
 - VIII.1.4. Probabilité 48
 - VIII.2. Caractérisation des scénarios retenus..... 48
 - VIII.2.1. Effondrement de l'éolienne 48
 - VIII.2.2. Chute de glace 50
 - VIII.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne 51
 - VIII.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales 52
 - VIII.2.5. Projection de glace 53
 - VIII.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques 54
 - VIII.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés 54
 - VIII.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques 55
 - VIII.3.3. Cartographie des risques..... 55
- IX. CONCLUSION 58**



Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	59
<i>Terrains non bâtis</i>	<i>59</i>
<i>Voies de circulation.....</i>	<i>59</i>
<i>Logements</i>	<i>59</i>
<i>Etablissements recevant du public (ERP).....</i>	<i>59</i>
<i>Zones d'activité.....</i>	<i>59</i>
Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française	60
Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	64
<i>Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02).....</i>	<i>64</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....</i>	<i>64</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....</i>	<i>64</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)</i>	<i>65</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06).....</i>	<i>65</i>
<i>Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10).....</i>	<i>65</i>
Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel.....	66
Annexe 5 – Glossaire.....	66
Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées	68

INTRODUCTION

Contextes

A la suite des accords du protocole de Kyoto et conformément à la directive européenne 2001/77/CE relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables, la France s'est engagée à augmenter la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité au niveau national.

En particulier, la loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE) a donné un cap à suivre pour les décennies suivantes. Cette loi s'était construite autour de quatre grands objectifs à long terme :

- l'indépendance énergétique du pays ;
- l'assurance de prix compétitifs de l'énergie ;
- la garantie de la cohésion sociale et territoriale par l'accès de tous à l'énergie ;
- la préservation de la santé, notamment en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre.

Les objectifs par filière ont été déclinés dans des arrêtés de programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité (arrêtés PPI). L'éolien représente une des technologies les plus prometteuses pour atteindre les objectifs fixés par la France. Ainsi, l'arrêté du 15 décembre 2009 a fixé des objectifs ambitieux pour l'éolien :

- 10 500 MW terrestres et 1 000 MW en mer en 2012,
- 19 000 MW terrestres et 6 000 MW en mer en 2020.

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, les engagements de la France en matière de production d'énergies renouvelables ont été confirmés, précisés et élargis. La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (loi Grenelle I) prévoit que la France porte la part des énergies renouvelables à au moins 23 % de sa consommation d'énergie finale d'ici 2020.

La publication de ces objectifs, dans un contexte mondial favorable au développement des énergies renouvelables, a donc permis un développement technologique spectaculaire. Alors que, dans les années 1980, une éolienne permettait d'alimenter environ 10 personnes en électricité, une éolienne de nouvelle génération fournit en moyenne de l'électricité pour 2 000 personnes hors chauffage (source : Syndicat des Énergies Renouvelables - Fédération Énergie Éolienne, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie).

Fin 2011, la puissance installée en France atteignait ainsi 6 640 MW, permettant la production de 11,9 TWh (contre 9,7 TWh en 2010 et 7,9 TWh en 2009). Le taux de couverture de la consommation électrique par la production éolienne a donc atteint 2,5 % sur l'année 2011.

Si les éoliennes ont évolué en taille et en puissance dans le monde entier, leur technologie actuelle est également sensiblement différente des premières éoliennes installées. Les technologies sont aujourd'hui plus sûres et plus fiables grâce à de nombreuses évolutions technologiques telles que :

- les freins manuels (sur le moyeu) de rotor qui ont été remplacés par des systèmes de régulation aérodynamiques (pitch), évitant l'emballement et assurant des vitesses de rotation nominales constantes ;
- l'évolution des matériaux des pales vers des fibres composites ;
- le développement de nouveaux systèmes de communication par fibre optique, satellites, etc. qui ont permis d'améliorer la supervision des sites et la prise de commande à distance ;
- l'installation de nouveaux systèmes de sécurité (détection de glace, vibrations, arrêt automatiques, etc.).

Ainsi, les premiers incidents qui ont été rencontrés (bris de pales, incendies, effondrements, etc.) ont amené les constructeurs à améliorer sans cesse leurs aérogénérateurs. Grâce à ces évolutions, et le retour d'expérience le montre bien, les incidents sont aujourd'hui très rares et concernent en majorité des éoliennes d'ancienne génération.

Il convient aussi de noter qu'à ce jour, en France et dans le monde, aucun accident n'a entraîné la mort d'une personne tierce (promeneurs, riverains) du fait de l'effondrement d'éoliennes, de bris de pales ou de projections de fragments de pales.

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) réaffirme tout d'abord la nécessité du développement de la filière éolienne pour atteindre les objectifs nationaux fixés dans les PPI. En particulier, l'article 90 fixe l'objectif d'installer au moins 500 aérogénérateurs par an en France.

Cette loi prévoit d'autre part de soumettre les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de dangers.

Guide technique

Le guide technique pour l'étude de dangers des parcs éoliens a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) et de professionnels du Syndicat des Énergies Renouvelables (SER) : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. L'INERIS a validé la méthodologie établie dans le guide, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ce guide a par ailleurs été reconnu comme correspondant aux exigences de la réglementation en matière d'évaluation des risques par Monsieur Laurent Michel, directeur générale de la Prévention des Risques.¹

Ce guide technique présente les méthodes et les outils nécessaires à la réalisation de l'étude de dangers d'une installation éolienne terrestre constituée d'aérogénérateurs à axe horizontal, dans le cadre de la demande d'autorisation d'exploiter requise pour les ICPE soumises à autorisation, dont font partie les parcs éoliens depuis l'entrée en application de la loi Grenelle II. Il s'agit d'un document de type nouveau dans son approche, qui a pour vocation d'accompagner les différents acteurs de l'éolien (porteurs de projets, exploitants, services de l'État, associations, etc.) dans la démarche d'évaluation des risques potentiels liés à un parc éolien. Compte tenu de la technologie mise en œuvre dans les parcs éoliens, il apparaissait possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique, afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans ce guide à l'ensemble des parcs éoliens installés en France.

Nous nous appuyerons alors sur ce guide technique pour réaliser l'étude dangers du parc éolien de Ploumagoar.

¹ Courrier de Monsieur Laurent Michel disponible en annexe

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

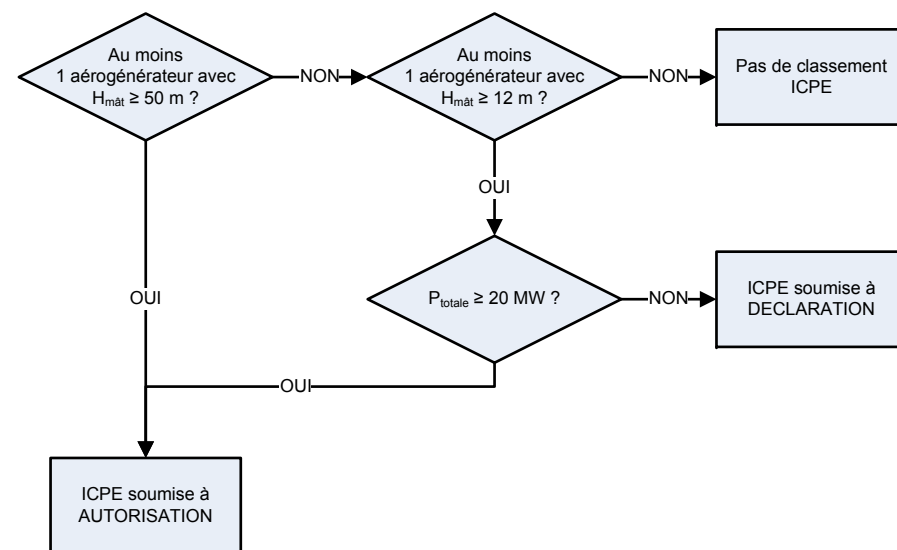
Application du régime des installations classées aux parcs éoliens

En application de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

En effet, l'article 90 de ladite loi précise que « les installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent constituant des unités de production telles que définies au 3° de l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres sont soumises à autorisation au titre de l'article L. 511-2, au plus tard un an à compter de la date de publication de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 précitée. »

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Il prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

- Le régime d'autorisation pour les installations comprenant au moins une éolienne dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m et pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est supérieure ou égale à 20 MW
- Le régime de déclaration pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est inférieure à 20 MW



La réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.

Enfin, 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 prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles devront être prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

Réglementation relative à l'étude de dangers

Selon l'article L. 512-1 du Code de l'environnement, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

Article L. 512-1 du Code de l'environnement :

Sont soumises à autorisation préfectorale les installations qui présentent de graves dangers ou inconvénients pour les intérêts visés à l'article L. 511-1.

L'autorisation ne peut être accordée que si ces dangers ou inconvénients peuvent être prévenus par des mesures que spécifie l'arrêté préfectoral.

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite.

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

La délivrance de l'autorisation, pour ces installations, peut être subordonnée notamment à leur éloignement des habitations, immeubles habituellement occupés par des tiers, établissements recevant du public, cours d'eau, voies de communication, captages d'eau, ou des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers. Elle prend en compte les capacités techniques et financières dont dispose le demandeur, à même de lui permettre de conduire son projet dans le respect des intérêts visés à l'article L. 511-1 et d'être en mesure de satisfaire aux obligations de l'article L. 512-6-1 lors de la cessation d'activité.

Les intérêts visés à l'article L. 511-1 sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. Cependant, il convient de noter que l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement (notamment le paysage), l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

Ainsi, l'étude de dangers a donc pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement.

Article R. 512-9 du Code de l'environnement :

I. - L'étude de dangers mentionnée à l'article R. 512-6 justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1.

II. - Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le demandeur dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8², le demandeur doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs.

Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement des études de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5. Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris sur le fondement de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur.

III. - Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, l'étude de dangers est réexaminée et, si nécessaire, mise à jour au moins tous les cinq ans, sans préjudice de l'application des dispositions de l'article R. 512-31. Cette étude, mise à jour, est transmise au préfet.

Enfin, d'autres textes législatifs et réglementaires, concernant les installations classées soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers, notamment en ce qui concerne les objectifs et la méthodologie à mettre en œuvre : **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages

- **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement
- **Arrêté du 10 mai 2000** relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **Arrêté du 29 septembre 2005** modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **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.

DÉMARCHE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

Différentes étapes sont nécessaires dans le cadre de la démarche d'analyse des risques qui doit être mise en œuvre lors de l'élaboration de l'étude de dangers des parcs éoliens, conformément à la réglementation en vigueur et aux recommandations de l'inspection des installations classées. Ces étapes sont énumérées ici dans l'ordre dans lequel elles sont présentées ensuite au sein de l'étude de dangers du projet éolien de Ploumagoar :

² Les installations soumises à la rubrique 2980 des installations classées (parcs éoliens) ne font pas partie de cette liste.

Identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.). Cette étape s'appuie sur une description et caractérisation de l'environnement.

Connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent. Cette étape s'appuie sur une description des installations et de leur fonctionnement.

Identifier les potentiels de danger. Cette étape s'appuie sur une identification des éléments techniques et la recherche de leurs dangers. Suit une étape de réduction / justification des potentiels.

Connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.). Cette étape s'appuie sur un retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs).

Analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles (qui se sont produits et qui pourraient se produire). Cette étape utilise notamment les outils d'analyses de risques classiques (tableaux d'Analyse Préliminaire des Risques par exemple).

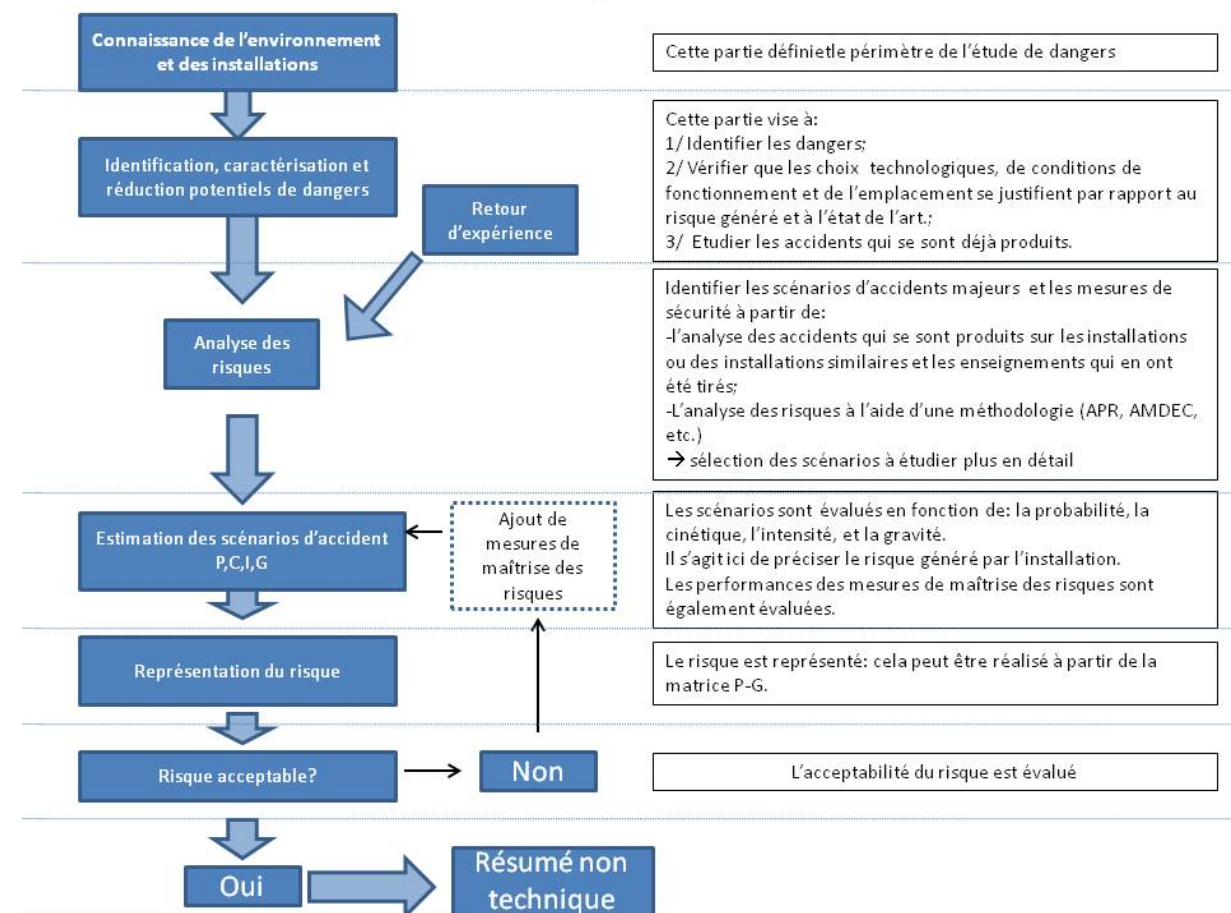
Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité. C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.

Réduire le risque si nécessaire. Cette étape s'appuie sur des critères d'acceptabilité du risque : si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant.

Représenter le risque. Cette étape s'appuie sur une représentation cartographique.

Résumer l'étude de dangers. Cette étape s'appuie sur un résumé non technique de l'étude des dangers.

Le graphique ci-dessous synthétise ces différentes étapes et leurs objectifs ; cette chronologie forme une trame qui articule la rédaction du présent document.





Si la démarche de réduction du risque est considérée comme acceptable, une représentation cartographique et un résumé non-technique sont réalisés.

Les définitions des termes utilisés dans le présent document sont présentées dans le glossaire en annexe. Elles sont notamment issues des arrêtés et circulaires consacrés aux études de dangers et aux installations classées en général.

ÉTUDE DE DANGERS

I. PRÉAMBULE

I.1. OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par IEL Exploitation 35 pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de *Ploumagoar*, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

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

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

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

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

I.2. CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

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

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement :

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

De même, 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 précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

I.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES

Conformément à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2011-984 du 23 août 2011, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980-1 de la nomenclature des installations classées :

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

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

Le parc éolien de *Ploumagoar* comprend *au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m avec une puissance totale installée supérieure ou égale à 20 MW* : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

II. INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Pour le site de Ploumagoar, les demandes d'autorisation ICPE et de permis de construire ont été introduites au nom de :

IEL Exploitation 35
 SIRET : 789 470 994 00011
 NAF : 3511Z - production d'électricité
 41 Ter Boulevard Carnot
 22000 Saint Briec
 Tél. : 02 30 96 02 21
 Fax : 02 96 01 99 69

IEL Exploitation 35 est une filiale détenue par la société **Initiatives & Énergies Locales (IEL)**.

A propos d'Initiatives & Énergies Locales :

Les implantations d'éoliennes sont des projets de grande ampleur, dont les impacts sur leur environnement doivent être soigneusement étudiés. La démarche d'Initiatives & Énergies Locales (IEL) a toujours été de mener à bien les projets de centrales éoliennes dans un contexte de transparence et de concertation, avec les acteurs fonciers, les riverains, les élus des collectivités locales ainsi qu'avec les services de l'État.

Fondé en janvier 2004, IEL (Initiatives & Énergies Locales) est un groupe indépendant spécialisé dans le développement, l'installation et l'exploitation de projets d'énergies renouvelables. Basé à Saint Briec au sein de locaux BBC (Bâtiment Basse Consommation), IEL emploie 30 personnes et poursuit sa croissance maîtrisée. Depuis 2007, IEL conçoit, installe et assure la maintenance de centrales solaires intégrées au bâti pour une clientèle d'industriels, d'exploitants agricoles, de collectivités. IEL via sa filiale IEL Études & Installations est ainsi devenu l'un des principaux acteurs du Grand Ouest pour le solaire photovoltaïque et bénéficie d'une expertise reconnue dans ce domaine.

Depuis 2008, IEL se positionne en tant que producteur d'électricité via sa filiale IEL Exploitation. Depuis 2011, IEL est présent sur le secteur de la méthanisation en partenariat avec la société Odipure. Ce partenariat, concrétisé par l'entrée d'IEL au capital d'Odipure, vise à développer et exploiter des projets de méthanisation, permettant la valorisation de déchets d'origine agricole, agro-industrielles ou de collectivités locales.

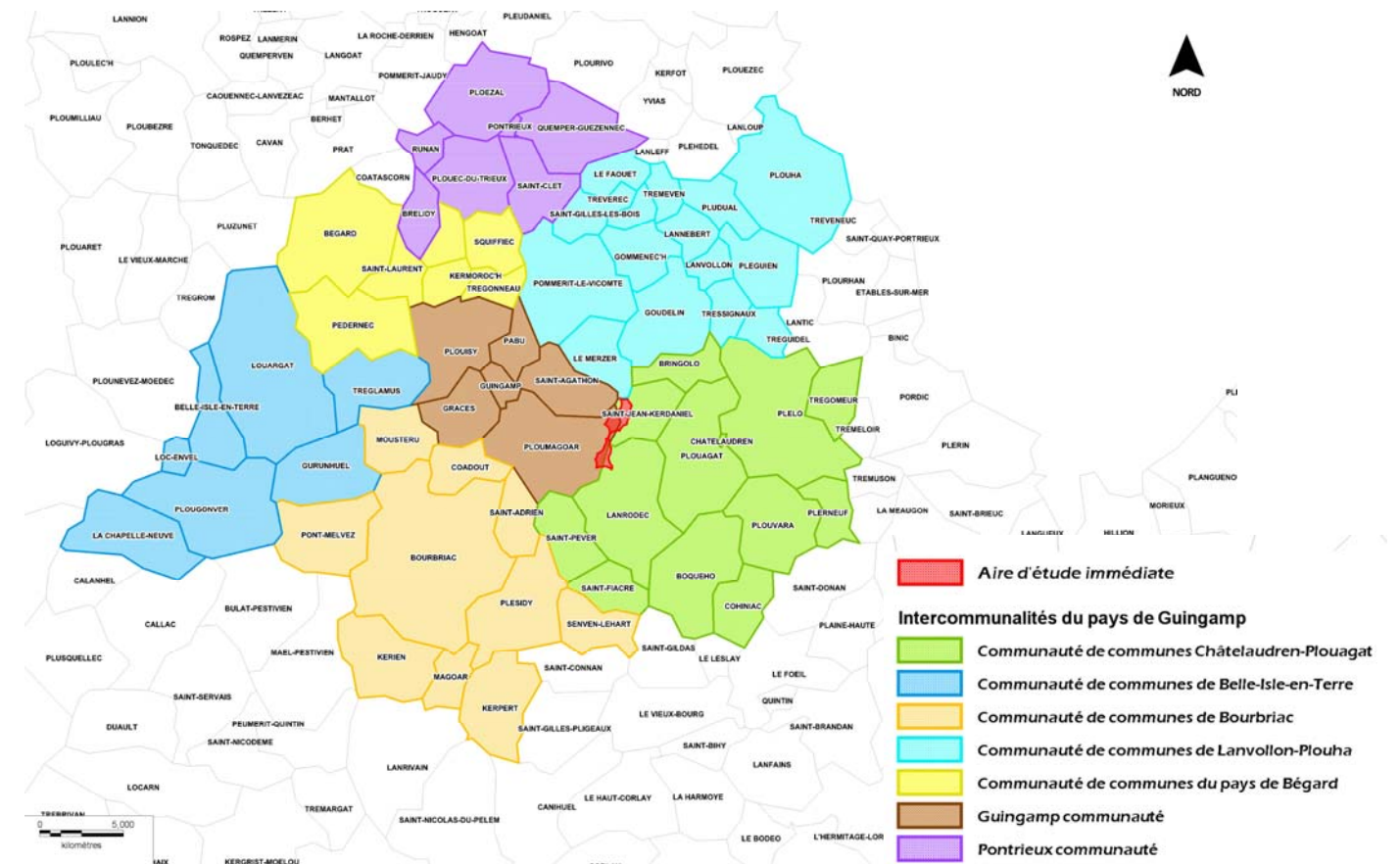
Vous trouverez une présentation plus complète d'IEL dans la partie 1 de la demande d'autorisation ICPE.

II.2. LOCALISATION DU SITE

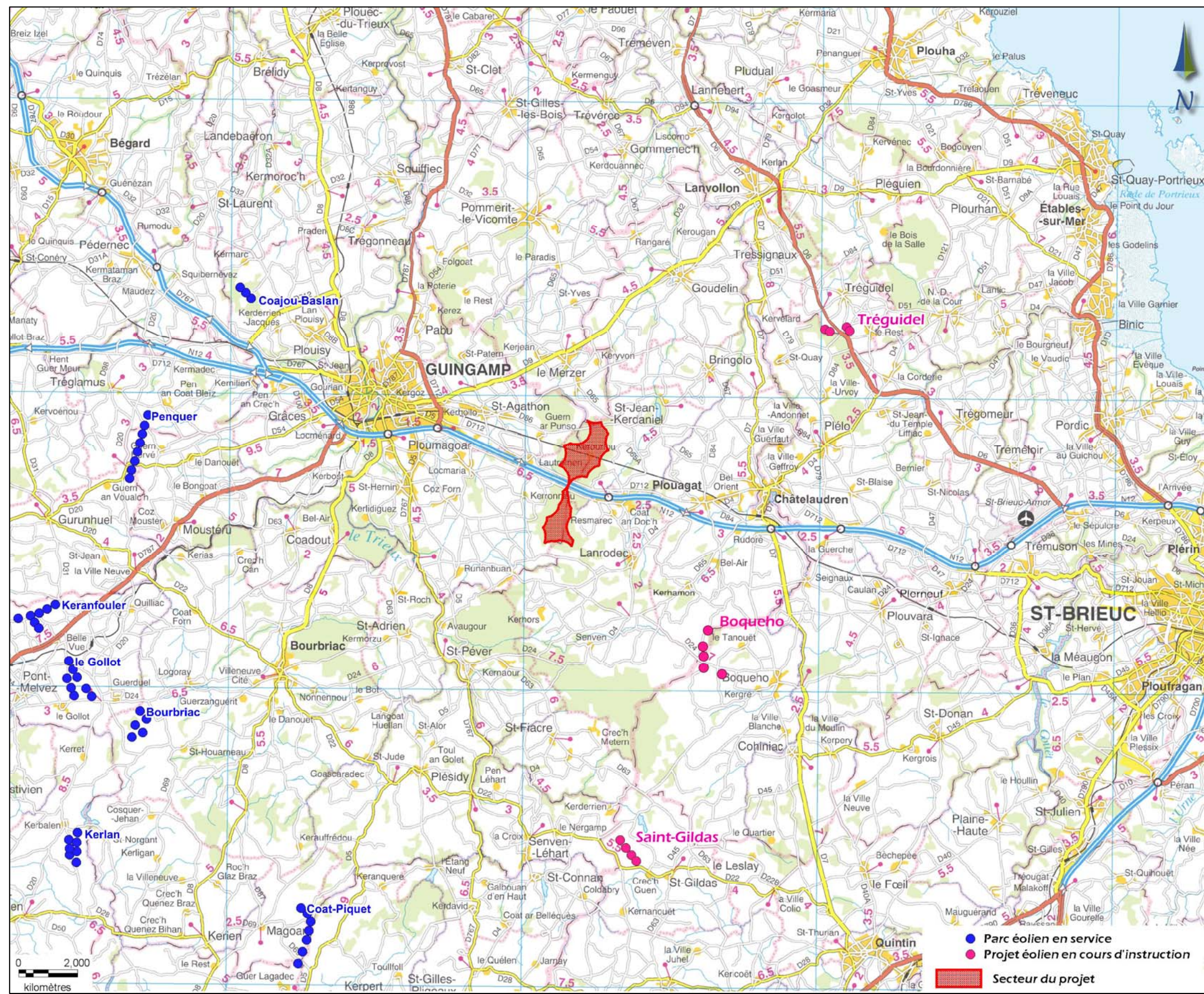
Le parc éolien de Ploumagoar, composé de 5 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Ploumagoar, dans le département des Côtes d'Armor (22), en région Bretagne. La commune de Ploumagoar fait partie de Guingamp communauté, elle-même membre du Pays de Guingamp.



Carte 1 : Localisation du secteur du projet



Carte 2 : Localisation de l'aire d'étude immédiate à l'échelle du Pays de Guingamp



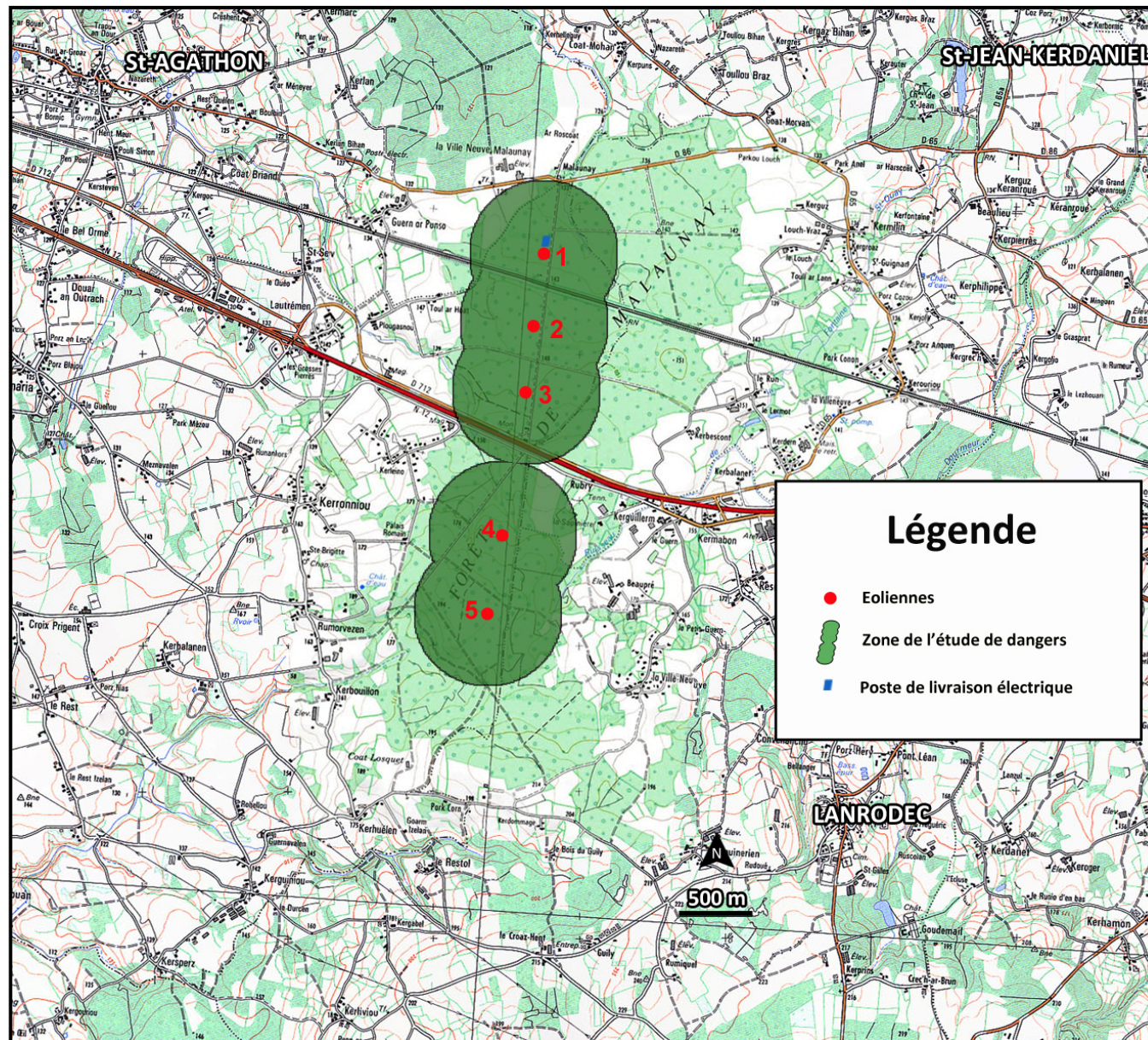
Carte 3 : Localisation de la zone d'étude immédiate du projet éolien de Ploumagoar au sein du département des Côtes d'Armor
Source : Côtes d'Armor

II.3. DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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



Carte 4 : Localisation de la zone de l'étude de dangers

III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

III.1.1. ZONES URBANISÉES

L'étude de dangers doit s'intéresser aux populations situées dans la zone sur laquelle porte l'étude ou à proximité ; elle doit indiquer notamment les informations suivantes :

- Distance aux habitations les plus proches ;
- Distance aux zones urbanisables les plus proches ;
- Le nombre approximatif de personnes habitant dans les hameaux les plus proches.

Dans le cadre de notre projet, toutes les habitations sont situées à plus de 500 mètres des éoliennes.

Distance entre les éoliennes et les hameaux les plus proches :

N°	Identification du toponyme	Commune	Nombre d'habitants*	N° de l'éolienne				
				E1	E2	E3	E4	E5
A	La Ville Neuve Malaunay	Saint-Agathon	9	620	1030	1460	2430	2970
B	Malaunay	Saint-Agathon	3	600	1080	1550	2540	3090
C	Parkou Louch	Saint-Jean-Kerdaniel	3	1700	2010	2350	3210	3720
D	Kerguz	Saint-Jean-Kerdaniel	3	1750	1960	2230	3020	3500
E	Le Louch	Saint-Jean-Kerdaniel	6	1660	1800	2030	2770	3240
F	Le Run	Saint-Jean-Kerdaniel	9	1580	1400	1330	1740	2130
G	Kerbescont	Saint-Jean-Kerdaniel	6	1490	1200	1070	1420	1820
H	Rubry	Saint-Jean-Kerdaniel	3	1560	1110	720	690	1140
I	La Sapinière	Saint-Jean-Kerdaniel	3	1840	1400	990	620	960
J	Beaupré	Lanrodec	15	2300	1850	1440	820	860
K	Kériou	Lanrodec	3	2740	2280	1830	980	700
L1	La Ville Neuve	Lanrodec	120	3010	2560	2140	1370	1120
L2	La Ville Neuve	Lanrodec		2950	2490	2060	1240	960
M	Park Corn	Lanrodec/Ploumagoar	6	3730	3250	2790	1790	1250
N	Kerhuélen	Ploumagoar	18	3930	3450	3000	2030	1510
O	Kerbouillon	Ploumagoar	18	3390	2930	2510	1630	1220
P	Rumorvezen	Ploumagoar	3	2780	2340	1950	1200	1000
Q	Palais Romain	Ploumagoar	3	2150	1700	1300	680	780
R	Kerleino 1	Ploumagoar	120	1850	1400	1020	620	910
S	Kerleino 2	Ploumagoar		1660	1260	950	890	1240
T	Kerleino 3	Ploumagoar		1360	930	600	820	1290
U	Plougasnou (sud)	Ploumagoar	3	1310	1070	1010	1450	1880
V	Toul Ar Hoat	Saint-Agathon/Ploumagoar	9	790	700	900	1670	2170
W	Guern Ar Punso	Saint-Agathon	33	1080	1260	1560	2370	2860

Tableau 1 : Tableau des distances entre les hameaux et les éoliennes

* Méthodologie pour la réalisation du calcul du nombre d'habitants

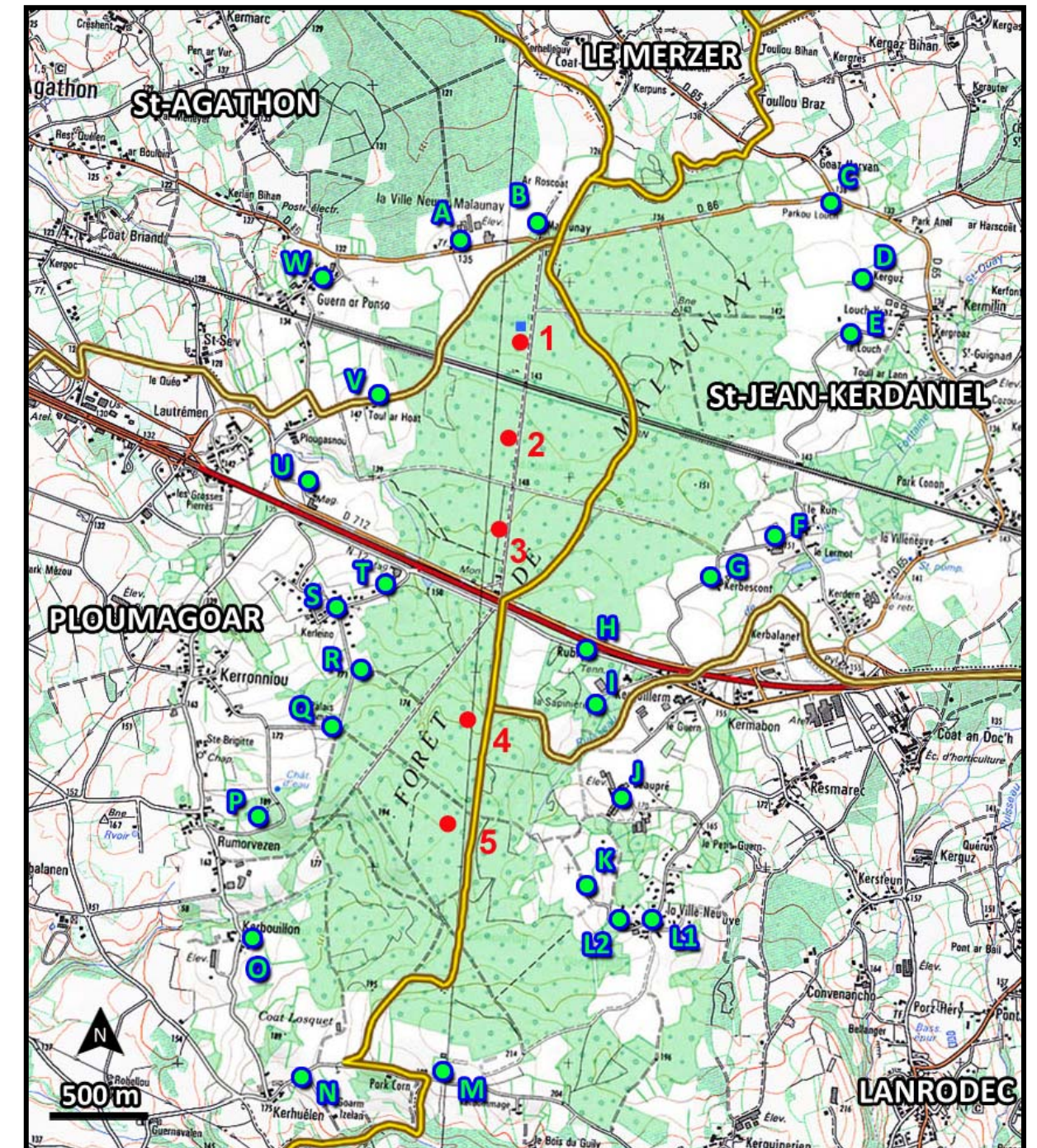
Les données du nombre moyen de personnes par ménage sont issues de l'INSEE et sont présentées ci-dessous :

Nom de la commune	Population totale de la commune en 2009	Nbs moyen de pers/ménage en 2009	Nbs moyen de pers/ménage en 1999	Nbs moyen de pers/ménage en 1990
Saint-Agathon	2076	2.43	2.52	2.76
Saint-Jean-Kerdaniel	5098	2.56	2.74	2.76
Lanrodec	1115	2.5	2.59	2.42
Ploumagoar	571	2.27	2.36	2.67

La population totale des 4 communes en 2009 atteint 8860 personnes. A noter que le nombre moyen de personnes par ménage régresse depuis 1990 mis à part la commune de Lanrodec présentant une légère augmentation.

Afin de réaliser le calcul, il a été considéré les données d'entrée suivantes :

- Recenser le nombre d'habitations par hameau
- Considérer que 1 ménage = 1 habitation
- Arrondir les données de l'INSEE de 2009 à 3 personnes/ménage



Carte 5 : Les hameaux les plus proches du projet de Ploumagoar

LEGENDE

- Éoliennes
- Poste de livraison
- ▭ Limites communales
- Zones d'habitation les plus proches

Le nombre d'habitants, présent dans les villages et hameaux considérés pour le calcul des distances entre les éoliennes et les habitations, est de l'ordre de 396 personnes soit 4.47% de la population totale recensée par l'INSEE et vivant sur les 4 communes.

Les hameaux les plus proches d'une éolienne sont situés à 600 mètres, donc au-delà de la règle des 500 mètres de la loi Grenelle II.

La distance par rapport aux zones destinées à l'habitation :

Pour évaluer la distance aux zones destinées à l'habitation, nous avons consulté les documents d'urbanisme en vigueur au 10 juillet 2010 des communes de Ploumagoar ainsi que des communes situées aux alentours du projet. Il s'agit ici des communes de Lanrodec, de Saint Agathon, et de Saint Jean Kerdaniel.

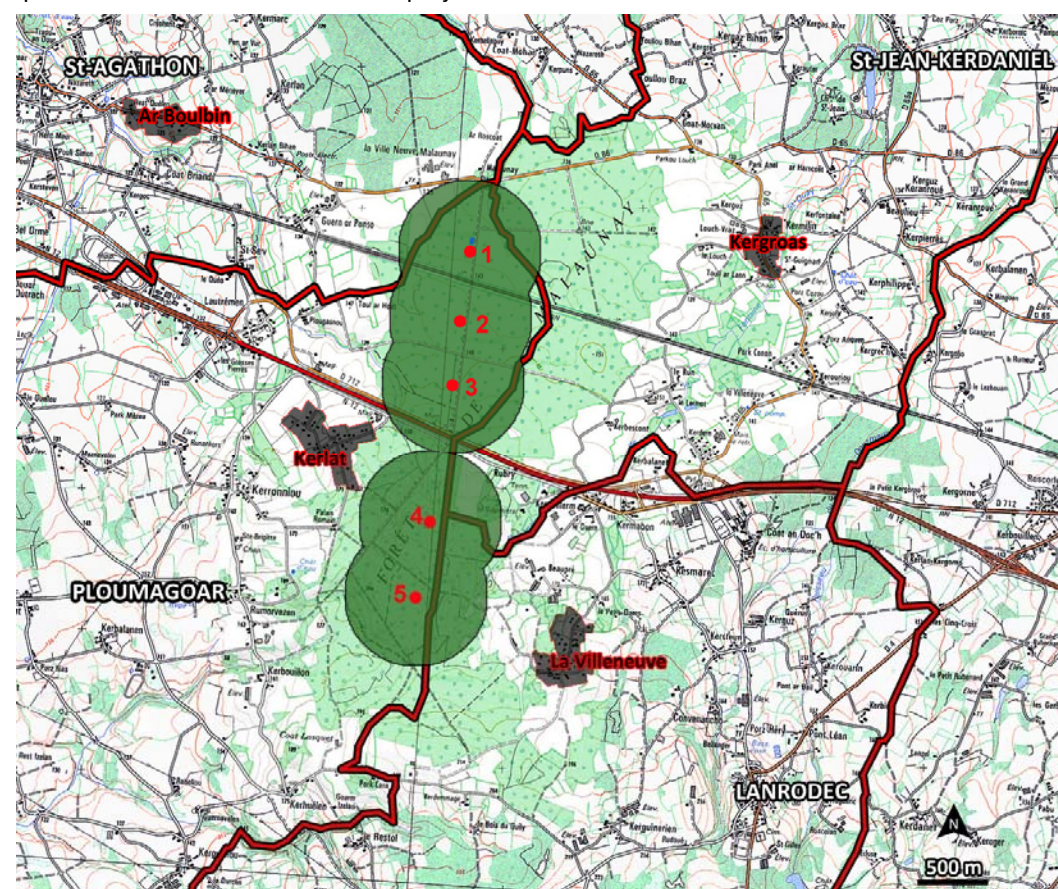
- La commune de **Ploumagoar** dispose d'un Plan Local d'urbanisme (PLU) en cours de révision. Sur ce document, comme sur celui en vigueur au 13 juillet 2010, la zone urbanisable la plus proche de l'implantation des éoliennes est la zone classée « Uh » dite de « Kerlat ». **Cette zone se situe à environ 600 mètres de l'éolienne E4.**

- La commune de **Lanrodec** disposait d'un Plan d'occupation des sols (POS) au 13 juillet 2010 et dispose désormais d'un PLU. Sur ces deux documents, la zone urbanisable la plus proche de l'implantation des éoliennes est la zone classée « Ud » dite de « La Villeneuve ». **Cette zone se situe à environ 850 mètres de l'éolienne E5.**

- La commune de **Saint-Agathon** dispose d'un Plan Local d'urbanisme (PLU). La zone urbanisable la plus proche de l'implantation des éoliennes sur cette commune est la zone classée « UD » dite de « Ar Boulbin ». **Cette zone se situe à environ 2200 mètres de l'éolienne E1.**

- La commune de **Saint-Jean-Kerdaniel** dispose d'un Plan Local d'urbanisme (PLU). La zone urbanisable la plus proche de l'implantation des éoliennes sur cette commune est la zone classée « U » dite de « Kergroas ». **Cette zone se situe à environ 2000 mètres de l'éolienne E1.**

La carte ci-dessous met en valeur les constructions à usage d'habitation et les immeubles habités (rectangles noirs définis par la carte IGN), ainsi que les zones destinées à l'habitation les plus proches (définies par les formes noires transparentes entourées de rouge), telles que définies dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 des quatre communes aux alentours du projet éolien.



Carte 6 : Les zones urbanisables les plus proches du projet de Ploumagoar

La distance la plus courte entre les éoliennes et une zone destinée à l'habitation est de 600m et concerne le hameau de « Kerlast » en Ploumagoar

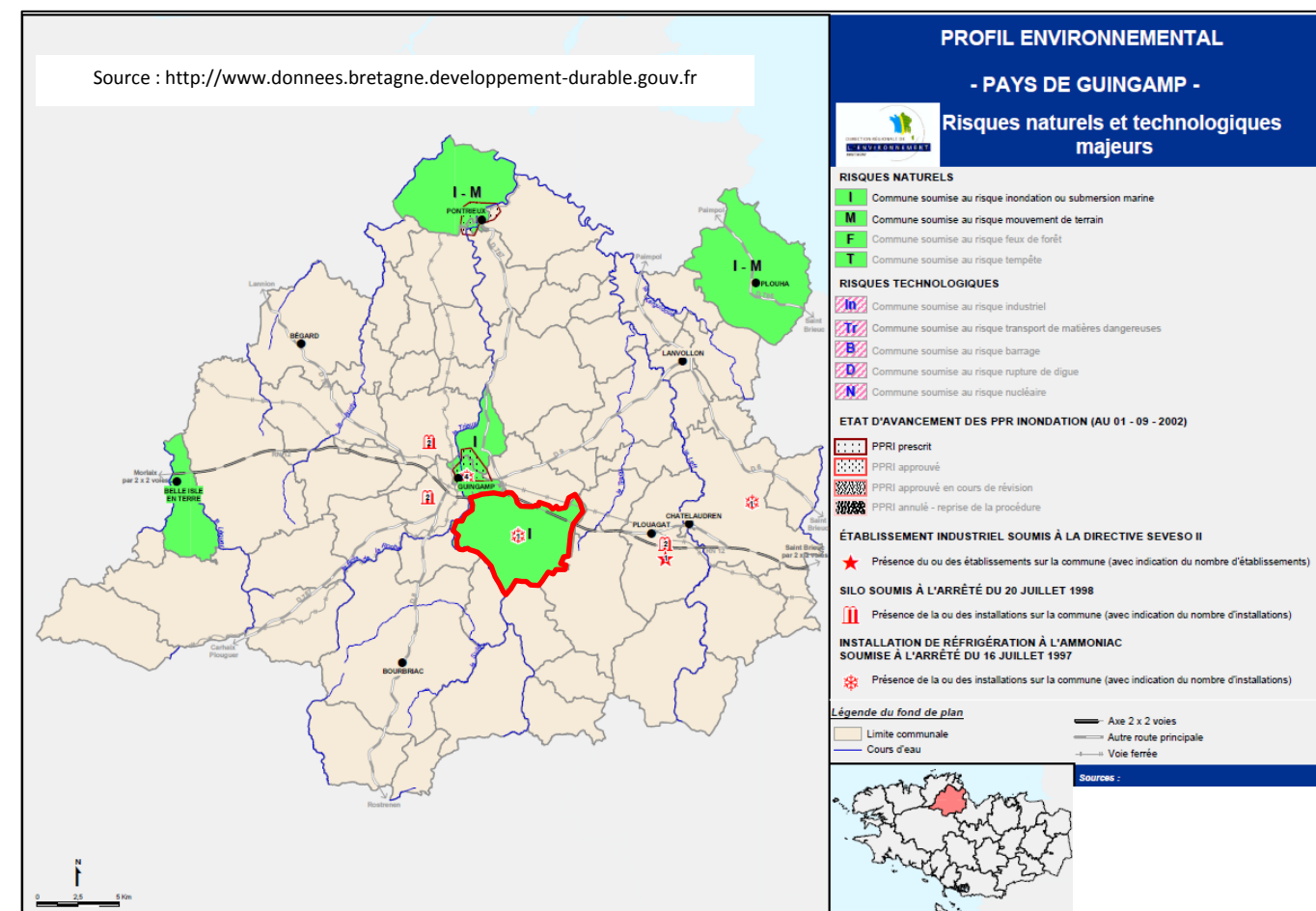
III.1.2. ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Le terme **établissement recevant du public (ERP)**, défini à l'article R123-2 du Code de la construction et de l'habitation, désigne en droit français les lieux publics ou privés accueillant des clients ou des utilisateurs autres que les employés (salariés ou fonctionnaires) qui sont, eux, protégés par les règles relatives à la santé et sécurité au travail. Cela regroupe un très grand nombre d'établissements tels que les cinémas, théâtres, magasins (de l'échoppe à la grande surface), bibliothèques, écoles, universités, hôtels, restaurants, hôpitaux, gares et qu'il s'agisse de structures fixes ou provisoires (chapiteau, structures gonflables). D'après le guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, le porteur du projet doit recenser l'ensemble des ERP dans les limites de la zone d'étude. **Or, il n'a été recensé aucun établissement recevant du public dans la zone de 500m autour de chaque éolienne. L'ERP le plus proche est situé au lieu-dit la Sapinière, qui accueille un club de tennis. Il est situé à 610 mètre de l'éolienne la plus proche (E4).**

Aucun ERP ne se situe dans le périmètre de l'étude de dangers, soit 500m autour de chaque éolienne du projet

III.1.3. INSTALLATIONS CLASSÉES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

Afin de recenser ces installations et de nous assurer qu'aucune d'entre elles ne se trouvaient dans le périmètre (de 500 mètres) de l'étude de dangers, nous avons consulté le site internet <http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr> recensant toutes les ICPE par commune. Nous avons également étudié la carte des risques naturels et technologiques majeurs. Ainsi, pour les cinq communes³ jouxtant le projet éolien de Ploumagoar, nous obtenons le tableau détaillé ci-après :



³ Ici, le recensement des ICPE porte sur 5 communes du fait de l'écartement approximativement similaire des installations de la commune du Merzer par rapport au projet éolien.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

Nom établissement	Seveso	Activité	Adresse	Distance ⁴	Commune	
CADOUX CLAUDE	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	KERBALANEN	2200	22970 PLOUMAGOAR	
DYNACHROME DHC	Non	Revêtement métallique ou traitement de surfaces non visé par 2564	Zone Industrielle de Bellevue	4750		
EARL L'HELIAS JACQUES	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	16 Coz Forn	3820		
FERME AVICOLE DE RUNANBUAN	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	Runanbuan	3575		
GUILLERME recyclage (S.A.S)	Non	Traitement de déchets industriels	Lanvinec	6250		
JOUAN BRUNO	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Coz Forn	3820		
LIDL SNC	Non	Commerces (sauf carburants)	Za Du Runiou	5975		
SALOMON JEAN-YVES	Non	Chiens (élevage, vente, transit, garde, fourrières)	38 lieu-dit Rest	2850		
SANI OUEST (PLOUMAGOAR)	Non	Traitement de déchets industriels	14 zi de Bellevue	4750		
SCEA NEIZ YAR	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	5 Kerguiniou	2175		
STEF BRETAGNE NORD (Ploumagoar)	Non	Entrepôts frigorifiques	13 Zone Industrielle de Kerprat	4080		
VASLON NOEL	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	Kerguiniou	2175		
COLAS Yves	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Kergas Braz	2725		22170 Saint Jean Kerdaniel
Amelis Coopérative	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Le Guern	1030		22170 Lanrodec
EARL C ET J.M JULOU	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	St Gilles	2850		
EARL DU GUILLER	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	Guiller	3385		
EARL ELEVAGE DU GUILY	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Le Guily	1860		
GAEC DE BEAUPRE	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	Beau Pré	2885		
GAEC DU PETIT PERRIEN	Non	Elevage Vaches	Le Petit Perrien	5020		
GAEC TANGUY FRERES	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Beau Pré	2885		
JOURDEN NICOLE MARIE ODETTE	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	KERPRIN	3130		
JUHEL CHRISTOPHE	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	Le Dossen	3620		
MAHE REMY	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	PARC GUIDON	2470		
MALARGE GUY	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	KERFOULER	4330		
MARTINON GUY	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Guerbriac	5410		
O BOIS sarl	Non	Traitement du bois	Coat an Doc'h	2100		
SCEA BREIZ OEUFS	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	PORS HERY	2390		
STEUNOU DELISLE DOMINIQUE	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	LE GUERGLAS	5120		
EARL de Kerfine	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	CORLEZOU	2440	22200 Le Merzer	
EARL du Hant	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	PONT AR HANT	5300		
Le GUILLOU René	Non	Métaux (stockage, activité de récupération)	CROAS ROUSS	3140		

⁴ Distance approximative au projet (en mètres)

BRIAND Michel	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	3 Villeneuve Malaunay	605	22200 Saint Agathon
CMTP	Non	Travail des métaux, chaudronnerie, poudres	8 ZI Bellevue	4360	
Compagnie Française de raffinage	Non	Détail de carburants	ZI Bellevue	4360	
Daunat Bretagne	Non	Alimentaires (préparation ou conservation) produits d'origine végétale	zi Bellevue	4360	
EARL ST Patern	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	Saint Pattern	4670	
Entremont Alliance	Non	Alimentaires (préparation ou conservation) produits d'origine animale	3 zi Bellevue	4360	
GAEC de CRESHENT	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	Creshent	2670	
KERAVIS Yvon	Non	Porcs (élevage, vente, transit, etc)	2 Guern Ar Punso	1170	
SCEA du Guermo	Non	Volailles, gibier à plume (élevage, vente, etc)	GUERNO	3430	
STALAVEN Traiteur	Non	Autres industries agro-alimentaires	ZI de Bellevue	4360	

Tableau 2 : Liste des ICPE autour du projet de Ploumagoar

L'installation classée pour la protection de l'environnement la plus proche des éoliennes est localisée à Saint-Agathon au lieu dit de « Villeneuve Malaunay » : la distance entre l'éolienne E1 et l'établissement I.C.P.E. est de 605m.

III.1.4. AUTRES ACTIVITÉS

La zone de l'étude de dangers est fortement concernée par la sylviculture. Le guide technique pour l'élaboration de l'étude de danger dans le cadre des parcs éoliens nous indique qu'il faut prendre en compte

- 1 personne par tranche de 100 ha pour les terrains de type « forêt ».
- 1 personne par tranche de 10 ha pour les terrains de type « terrains aménagés mais peu fréquentés (exemple : chemins agricoles).

Afin de simplifier les calculs, nous tenons en compte 1 personne par tranche de 10 ha pour à la fois les terrains de type forêt et les pistes d'exploitations. **Ainsi nous nous situons dans une hypothèse majorante des risques.**

III.1.5. CONCLUSION

Le recensement de l'environnement humain fait apparaître les conclusions suivantes :

- Les hameaux les plus proches d'une éolienne sont situés à 600 mètres
- La distance la plus courte entre les éoliennes et une zone destinée à l'habitation est de 600m et concerne le hameau de « Kerlast » en Ploumagoar
- Aucun ERP ne se situe dans le périmètre de l'étude de dangers : l'ERP le plus proche est le club de tennis de la Sapinière situé à 610m de la première éolienne (E4)
- L'installation classée pour la protection de l'environnement la plus proche des éoliennes est localisée à Saint-Agathon au lieu dit de « Villeneuve Malaunay » : la distance entre l'éolienne E1 et l'établissement I.C.P.E. est de 605m

Conformément à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011, les éoliennes sont implantées à plus de :
500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation,
300 mètres d'une installation nucléaire de base,
300 mètres d'une installation classée Seveso.



III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

• Le climat de la région

La Bretagne bénéficie d'un climat océanique tempéré des plus typiques. Les pluies, quoique fréquentes, y sont peu abondantes. L'ensoleillement dépend, quant à lui, de la distance à la mer et de la latitude. Les courants et les vents marins adoucissent les variations diurnes et saisonnières des températures. Fréquents et souvent forts, ces vents sont surtout orientés à l'ouest ou au sud-ouest et sont d'origine océanique. Ils homogénéisent les températures sur l'ensemble de la péninsule et influencent donc l'installation et la nature de la végétation. Ils exercent une pression naturelle sur l'environnement lorsqu'ils provoquent des tempêtes. Mais, ils favorisent aussi la dispersion des polluants atmosphériques.

Il y a une véritable différence entre l'ouest intérieur et l'est intérieur : ainsi une ville comme Rennes, connaît un climat déjà continentalisé avec des hivers frais ou froids, des étés déjà chauds et une pluviométrie nettement inférieure à la moyenne ainsi que des températures qui sont plus proches de celles que connaît Strasbourg. À contrario, l'ouest intérieur de la Bretagne connaît une humidité quasi-constante, des précipitations fréquentes concernant un nombre de jours de pluies dépassant toujours les 150 par an voire 250 dans les secteurs les plus humides. Les journées nuageuses sont très nombreuses, les hivers plutôt doux dans les vallées mais frais voire froids dès 200 mètres d'altitude environ, les chutes de neige pouvant être abondantes sur les hauteurs en cas de vague de froid sur la France. Les étés sont frais, souvent variables et les précipitations, bien que plus faibles qu'en hiver, restent assez fréquentes. L'ensoleillement y est faible, avec seulement entre 1 450 et 1 600 heures de soleil par an.

En résumé le climat breton est fortement contrasté suivant les secteurs : il n'y a pas un mais plusieurs climats bretons avec quantités de microclimats. La Bretagne est certainement la région française de plaine qui connaît la plus importante diversité de climats : certains secteurs sont très frais et humides (les zones de "montagne"), d'autres hyperocéaniques donc doux (littoral de l'ouest), plus secs et ensoleillés -influence méditerranéenne- (littoraux du sud-est) ou continentalisés (bassin Rennais). En Bretagne, pour ce qui est du climat, il y a davantage une différence entre ouest et est qu'une différence entre nord et sud.

• Le climat du département

Situation :

Les Côtes-d'Armor appartiennent à la Bretagne centrale. Ce département possède une façade maritime très découpée débouchant sur la Manche, permettant d'avoir une influence océanique prépondérante sur la bande côtière. Son territoire couvre une superficie de 6 878 km². Il est entouré par les départements :

- Du Finistère à l'ouest ;
- Du Morbihan au sud ;
- De l'Ille et Vilaine à l'est.

Les Côtes-d'Armor ont en outre le relief peu accusé du massif armoricain dont le point culminant est le site de Bel Air sur la commune de Trébry à 339 mètres d'altitude au sud-est du département. Il existe également un vestige des Monts d'Arrée dont le point haut culmine à 302m d'altitude qui est la colline du Menez Bré entourée par les communes de Peder nec, Tréglamus et Louargat.

La température moyenne annuelle :

La température annuelle moyenne varie de 10 à 12°C du sud du département aux îles. Les îles et une étroite bande côtière bénéficient de l'effet modérateur de l'océan, les amplitudes journalières y étant moins importantes que dans l'intérieur,

essentiellement parce que le vent y est plus fort que sur le continent et que, l'été, le régime de brises thermiques freine la montée des températures maximales l'après-midi. Ainsi, parfois en moins de 30 km, on passe d'un régime doux et océanique à un régime aux amplitudes thermiques nettement plus marquées.

Les précipitations :

Les précipitations dans les Côtes d'Armor (600mm sur les communes proches de Saint Brieuc de moyenne annuelle) figurent parmi les plus faibles de France. Les pluies les plus importantes se produisent dans le sud-ouest du département (moyenne de 1000mm sur Rostrenen et ses alentours). **Dans l'ensemble du département, les pluies sont souvent sous forme d'averses, assez fréquentes mais de courte durée, rapidement suivies par les éclaircies.**

Le vent :

D'une manière générale, les fréquences de direction des vents présentent une grande similitude sur l'ensemble de la Bretagne Ouest, les vents de sud-ouest et d'ouest sont prédominants, suivis des vents de nord-est. Dans l'intérieur des terres, se sont les zones d'altitude relative qui présentent les meilleurs potentiels notamment en hiver.

Les températures minimales :

Sur l'île de Bréhat, les températures minimales sont de l'ordre de 5° C en janvier et en février. Il ne gèle que certains hivers, en moyenne 5 jours par an. À Merdrignac, les températures peuvent descendre jusqu'à 1°C le mois le plus froid, et le nombre moyen annuel de jours de gel est de l'ordre de 40. Enfin à Saint Brieuc - Ploufragan la température est de 2° C en moyenne sur la période janvier - février.

Les températures maximales :

À Saint-Brieuc - Ploufragan, les moyennes atteignent environs les 21° C en août. Sur l'île de Bréhat, la moyenne journalière des maximales est de 20° C tandis qu'à Merdrignac, la moyenne des maximales du mois le plus chaud est seulement de 23° C. Les écarts de température restent très modérés tout au long de l'année sur la totalité du département.

L'ensoleillement :

Le département des Côtes d'Armor offre la meilleure luminosité du littoral de la Manche, c'est au mois de mai que l'on enregistre un nombre d'heure d'ensoleillement supérieur aux autres stations du sud et de l'ouest.

Mois	Temp. min (°C)	Temp. max (°C)	Temp. moy (°C)	Pluie (mm)	Ensoleillement (h)
1	5 (+3)	9.8 (+3.1)	7.4 (+3)	47.2 (-76.3)	58.3 (+58.3)
2	2.4 (+1.2)	7.7 (+1.1)	5.1 (+1.2)	21.9 (-80.5)	80.1 (+80.1)
3	4.6 (+1.3)	12.7 (+3)	8.7 (+2.2)	19.2 (-89.6)	151.5 (+151.5)
4	4.9 (0)	12 (-0.7)	8.5 (-0.3)	123 (+51.7)	153.2 (+153.2)
5	8.7 (+1.3)	16.1 (+1.1)	12.4 (+1.2)	62.4 (-31.9)	195.1 (+195.1)
6	11.6 (+1.2)	18.7 (-0.2)	15.2 (+0.5)	59.9 (+14.7)	128.5 (+128.5)
7	12.2 (-0.2)	20.5 (-0.5)	16.4 (-0.3)	52.2 (-3.6)	171.2 (+171.2)
8	13.7 (+1.6)	22.3 (+2)	18 (+1.8)	28.7 (-24.5)	158.6 (+158.6)
9	10.4 (-0.6)	18.7 (0)	14.5 (-0.4)	33.7 (-43.6)	138.9 (+138.9)
10	9.8 (+1.5)	15.2 (+0.5)	12.5 (+1)	81.1 (-39)	61.7 (+61.7)
11	5.3 (-0.2)	11.6 (+1)	8.5 (+0.4)	90.5 (-28.2)	92.6 (+92.6)
12	5.3 (+2)	10.3 (+2.3)	7.8 (+2.2)	98.1 (-40.4)	52.6 (+52.6)
Moyenne ou total	7.8°C (+0.9°C)	14.6°C (+0.9°C)	11.3°C (+1°C)	717.9 mm (-35%)	1442.3 h (+100%)

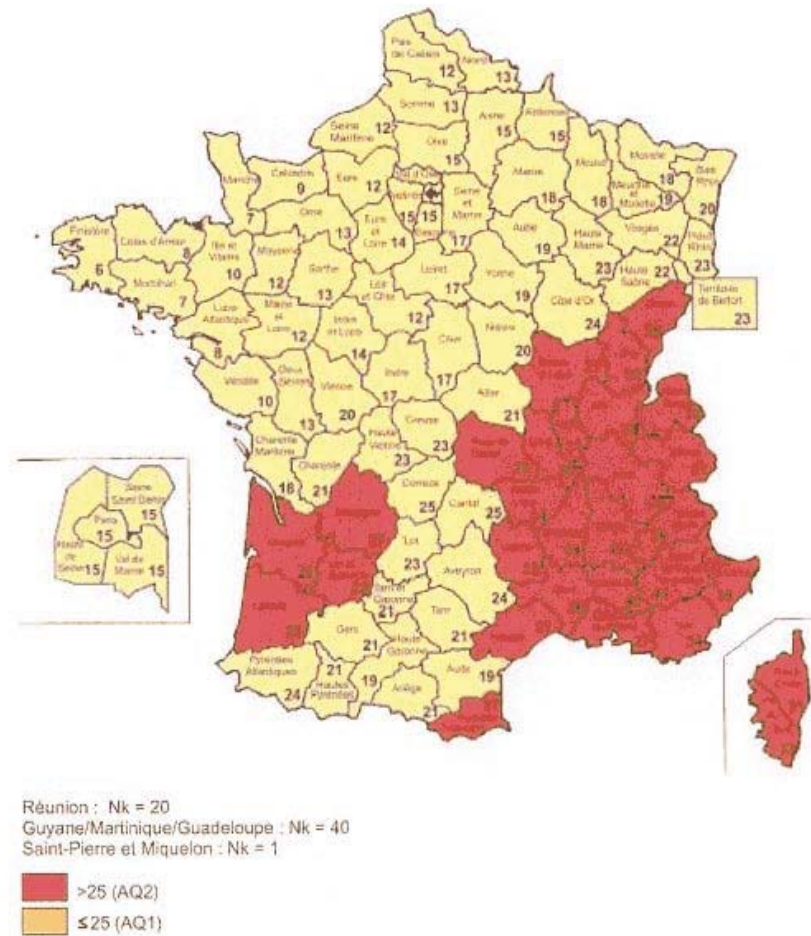
Tableau 3 : la climatologie de Saint Brieuc

Source : <http://www.meteo-bretagne.fr>

Le climat des Côtes d'Armor est donc rapidement changeant, avec des types de temps sous la dépendance des perturbations du front polaire qui circulent d'ouest en est, à la latitude des Îles Britanniques. Les saisons sont peu contrastées et les températures modérées, passant en moyenne annuelle de près de 12° C sur la côte à 10° C au Sud du département.

- **L'activité orageuse**

L'activité orageuse d'une région est définie par son niveau kéraunique (Nk), c'est à dire le nombre de jours où l'on entend gronder le tonnerre. Le niveau kéraunique du département des Côtes d'Armor est évalué à 8 jours d'orage par an soit moins que la normale française.



Carte 7 : Carte de France du niveau kéraunique

III.2.2. RISQUES NATURELS

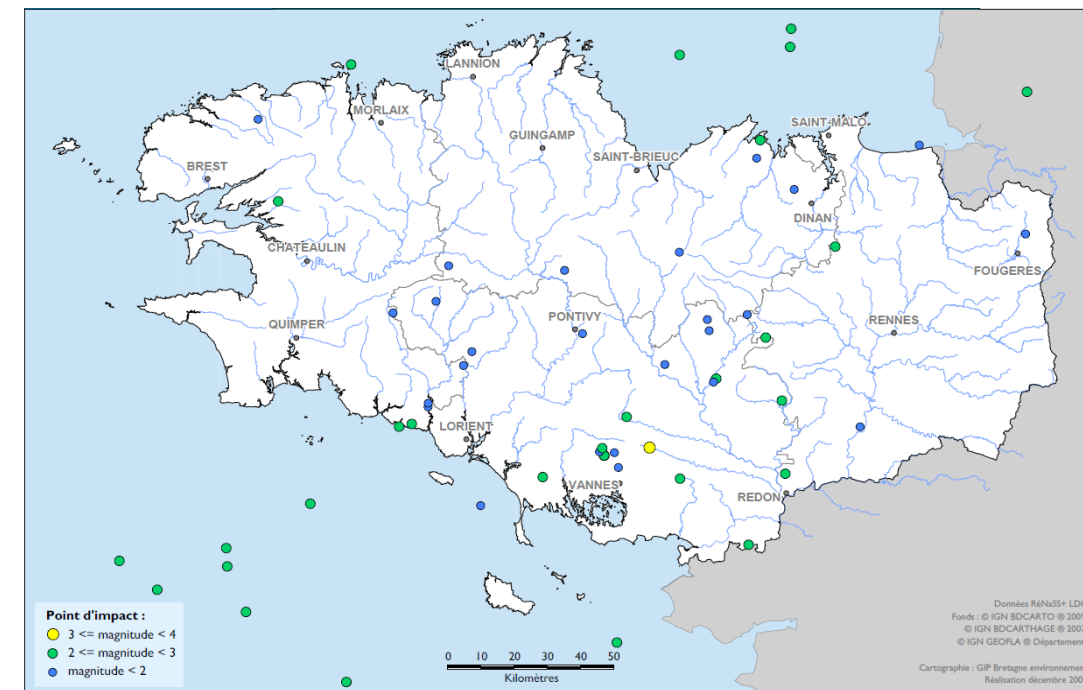
III.2.2.1. SISMICITÉ :

La zone est sismiquement stable. Aucun séisme historique n'a été recensé dans la région. Des tremblements de terre mineurs ont pu être ressentis par le passé, mais le secteur n'est pas considéré comme une région sismique, c'est-à-dire une région où apparaissent des tremblements de terre d'intensité égale ou supérieure à VIII (MSK) responsables de destructions importantes et parfois de morts.

Date	Heure	Choc	Localisation épiscopentrale	Région ou pays de l'épicentre	Intensité épiscopentrale
30 Septembre 2002	10 h 6 min 50 sec	R	VANNETAIS (HENNEBONT-BRANDERION)	BRETAGNE	
30 Septembre 2002	6 h 44 min 48 sec		VANNETAIS (HENNEBONT-BRANDERION)	BRETAGNE	5,5
1 Décembre 1987	12 h 8 min 10 sec		MONTAGNES NOIRES (LANGONNET)	BRETAGNE	4
21 Avril 1986	4 h 23 min 22 sec		MONTS D'ARREE (CORLAY)	BRETAGNE	4
4 Septembre 1981	4 h 41 min 59 sec		MANCHE (N. ABER VRAC'H)	BRETAGNE	5
13 Janvier 1979	15 h 38 min 2 sec		MONTS D'ARREE (BOURBRIAC)	BRETAGNE	4
30 Août 1975	14 h 7 min 50 sec		TREGOR (BEGARD)	BRETAGNE	5,5

Tableau 4 : les séismes ayant touché la Bretagne depuis les années 1970

Source : <http://www.sisfrance.net>



Carte 8 : les séismes récents ayant touché la Bretagne en 2009

Source : Bretagne Environnement (mise à jour en juin 2011)

En près d'un siècle, la Bretagne a connu une soixantaine de séismes. Les magnitudes (énergie dissipée au foyer sous formes d'ondes sismiques) les plus fortes ont été comprises entre 5,5 et 6,0. Le dernier, dont l'épicentre est situé à Hennebont (56), date du 30 Septembre 2002 (Cf tableau précédent). Son intensité sur l'échelle MSK a atteint le degré V-VI pour une magnitude de 5,4.

Afin d'appliquer les règles parasismiques de construction, un zonage physique de la France a été élaboré : 5 zones de 0 à III (III pour les Antilles). La Bretagne est classée en zone 0, c'est-à-dire une sismicité négligeable, mais non nulle. La commune de Ploumagoar située dans le département des Côtes d'Armor fait donc partie des communes à sismicité faible.

Dans ce cadre, un document d'attestation d'un contrôleur technique de la SOCOTEC est joint en annexe du dossier au titre de l'article R.431-16D du Code de l'urbanisme. Il s'agit de la pièce PC12.

Le constructeur VESTAS, choisi pour ce projet, respectera la norme IEC 61400-1 pour l'établissement des fondations de ses éoliennes. Vous trouverez un document en attestant en annexe.

III.2.2.2. LES MOUVEMENTS DE TERRAINS

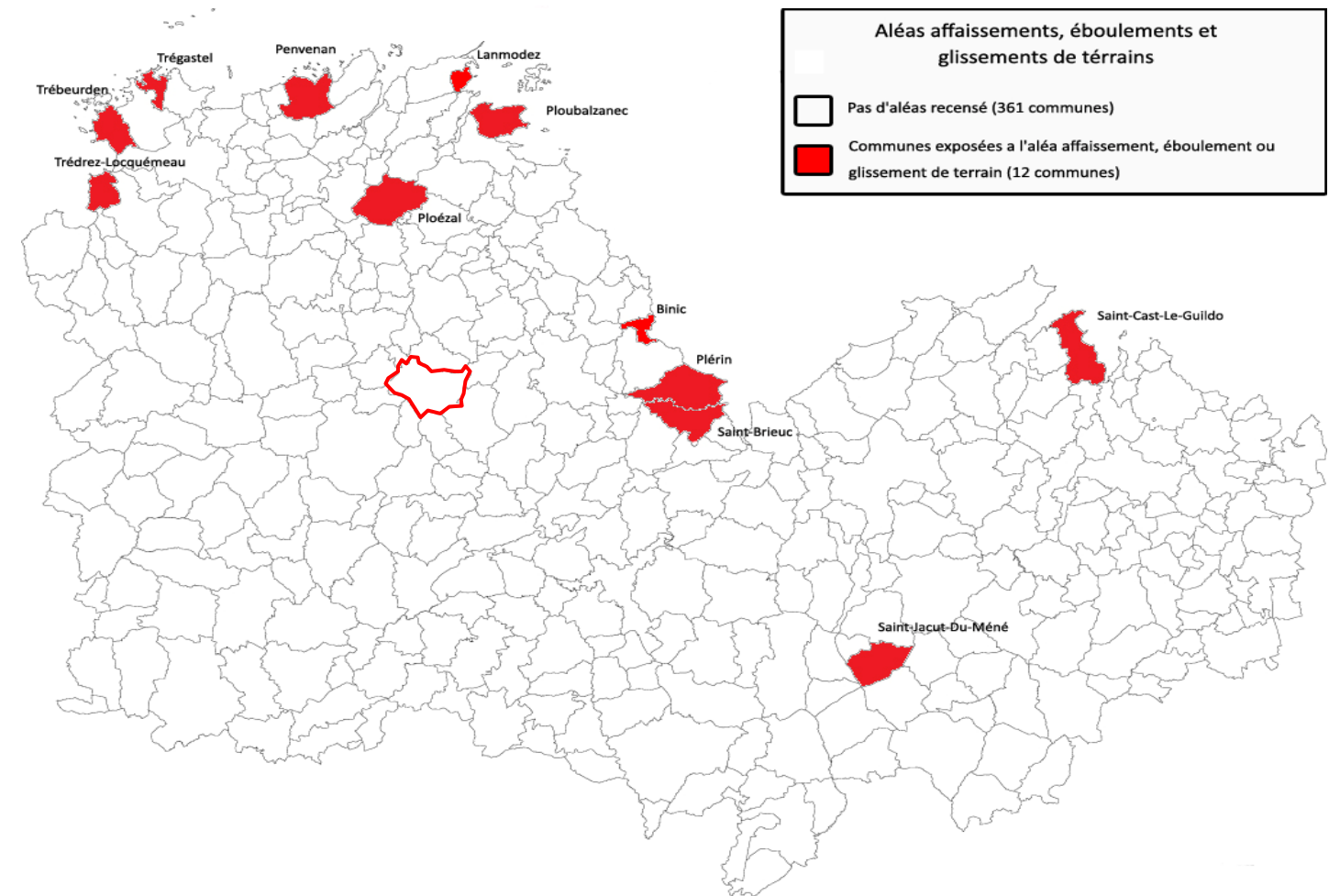
Le tableau 5 présente la liste des mouvements de terrains du type « glissement, affaissement, éboulement » recensés dans le département des Côtes d'Armor sur la période 1983 – 2006.

D'après l'inventaire de la base de données nationale (<http://www.bdmvt.net>) et la liste des arrêtés de la base GASPAR (Gestion Assistée des Procédures Administratives des Risques naturels), 12 communes sont concernées par le risque de mouvements de terrain du type « glissements, affaissements, et éboulements de terrains » dans le département des Côtes d'Armor. La commune la plus proche de notre site éolien se trouve être la commune de Plérin située à environ 20 km de la forêt de Malaunay (cf. carte 9)

Code INSEE	Communes	Type	Date
22349	TREDEZ-LOCQUEMEAU	Mouvement de terrain : Glissement de terrain	22/11/1984
22353	TREGASTEL		
22166	PENVENAN		
22187	PLERIN	Mouvement de terrain : Glissement de terrain - Coulées boueuses issues de glissements amont	26/02/1990
22343	TREBEURDEN		
22349	TREDEZ-LOCQUEMEAU		
22353	TREGASTEL		
22111	LAMMODEZ	Mouvement de terrain : Affaissement - Eboulement, chutes de pierres et de blocs - Glissement de terrain	01/01/1995
22204	PLOEZAL	Mouvement de terrain : Affaissement - Eboulement, chutes de pierres et de blocs - Glissement de terrain	17/01/1995
22278	SAINT-BRIEUC	Mouvement de terrain	02/10/2000
22187	PLERIN	Mouvement de terrain	02/01/2001
22210	PLOUBAZLANEC	Mouvement de terrain	25/03/2001
22282	SAINT-CAST-LE-GUILDON	Mouvement de terrain	04/05/2001

Tableau 5 : Mouvements de terrain en Côtes d'Armor

Source : DDRM Côtes d'Armor



Carte 9 : Carte des « affaissement, éboulements et glissement de terrain »

Source : DDRM 22

III.2.2.3. LES INONDATIONS

Il existe trois différents types d'aléas inondations qui peuvent être recensés :

L'aléa inondation par ruissellement et coulée de boue

259 communes sont concernées par l'aléa inondation par ruissellement et coulée de boue d'après la base de données GASPAS (Catastrophe Naturelle) du Ministère de l'Ecologie et du Développement du Territoire (Cf Carte 10). La commune de Ploumagoar est concernée par un arrêté de catastrophe Naturelle en ce qui concerne l'aléa « inondation par ruissellement et coulée de boue ».

L'aléa inondation de plaine

300 communes sont concernées par l'aléa inondation de plaine d'après l'atlas des zones inondables des Côtes d'Armor et de la base de données GASPAS (Cf Carte 11). La commune de Ploumagoar est concernée par 3 arrêtés de catastrophe Naturelle en ce qui concerne l'aléa « inondations de plaines ».

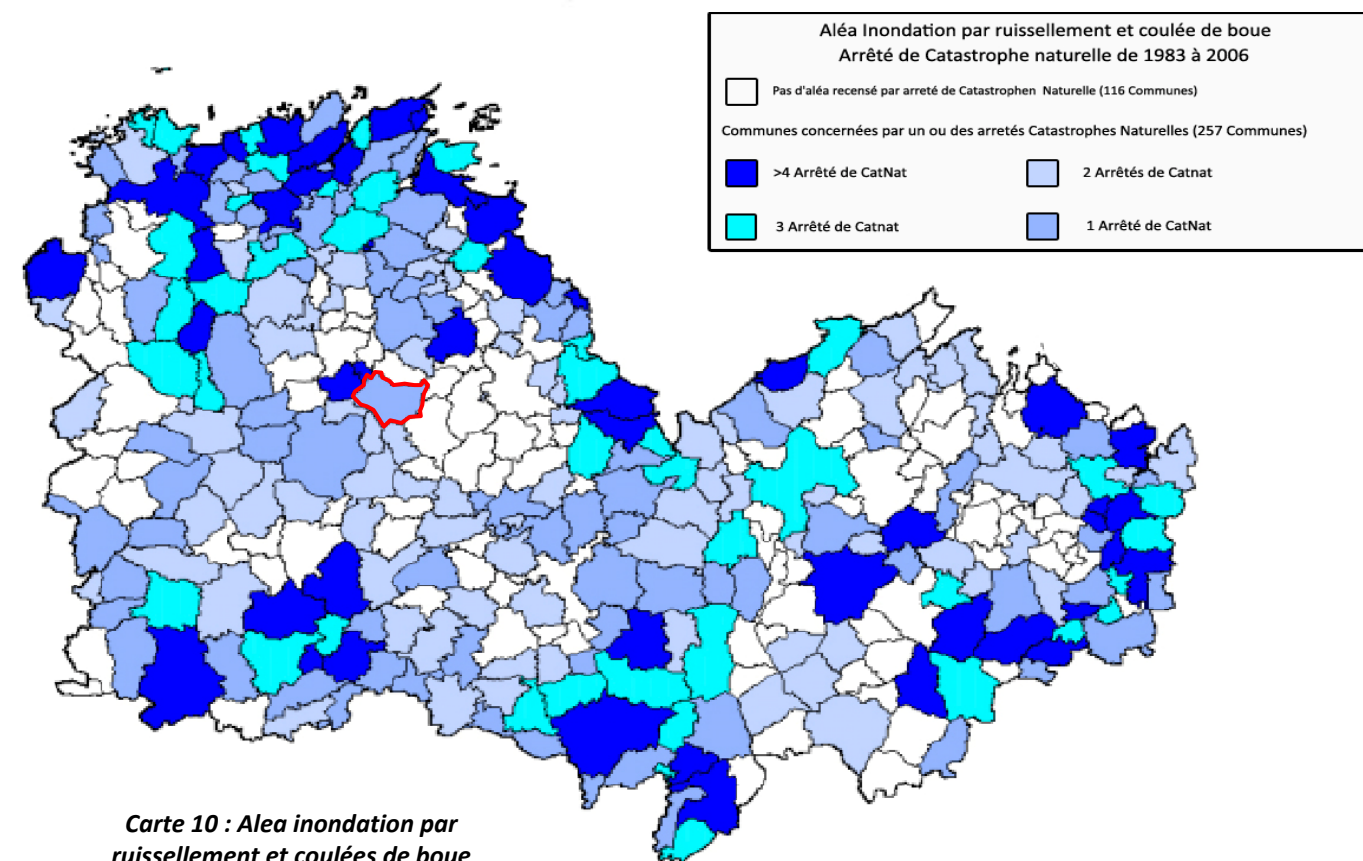
L'aléa inondation par submersion marine

31 communes sont concernées par l'aléa inondation par submersion marine d'après l'atlas des zones inondables des Côtes d'Armor et la base de données GASPAS (Catastrophe Naturelle). Nous n'avons pas intégré cette carte car toutes les communes concernées se trouvent sur le littoral (la commune concernée la plus proche de Ploumagoar est Plérin à environ 20 km). Nous avons également recensé les autres catastrophes naturelles qui ont eu lieu ces dernières décennies sur la commune.

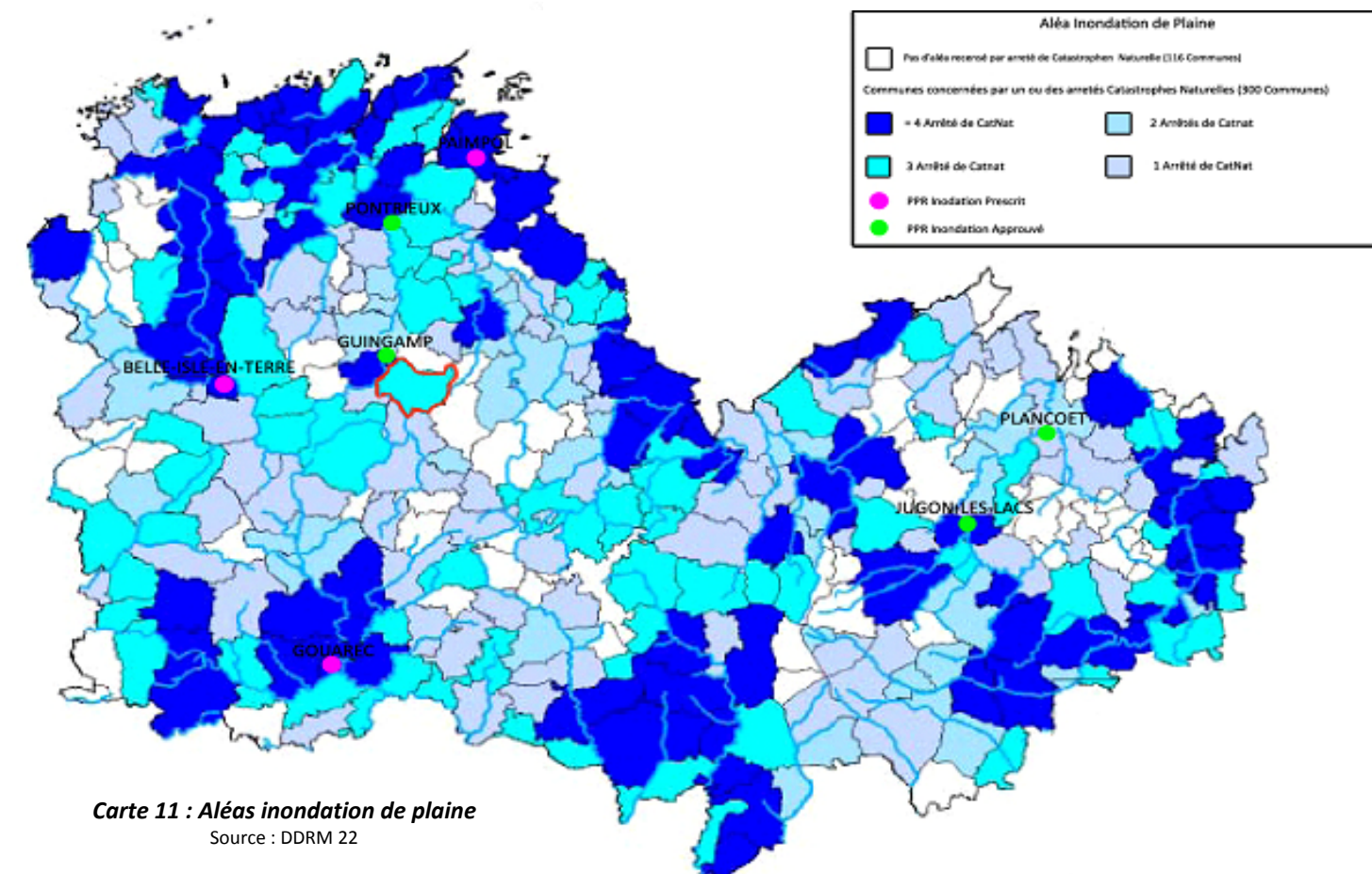
Type de Catastrophe	Début Le	Fin Le	Arrêté du	Sorti au JO le
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987
Inondations et coulées de boue	15/01/1988	15/02/1988	07/04/1988	21/04/1988
Inondations et coulées de boue	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995	08/02/1995
Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Inondations et coulées de boue	06/01/2010	10/01/2010	09/04/2010	11/04/2010
Inondations et coulées de boue	28/02/2010	28/02/2010	30/03/2010	02/04/2010

Tableau 6 : Liste des catastrophes naturelles, commune de Ploumagoar

Source : prim.net



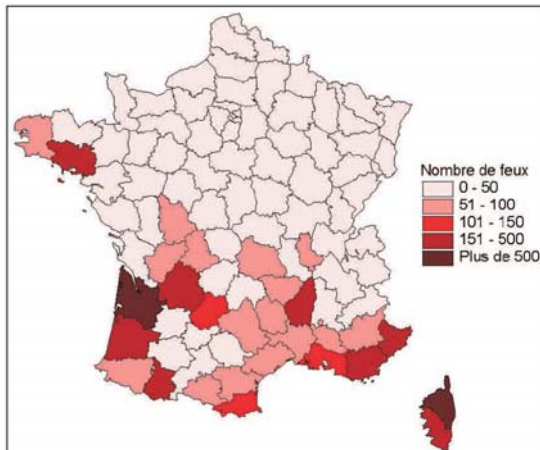
Source : DDRM 22



Source : DDRM 22

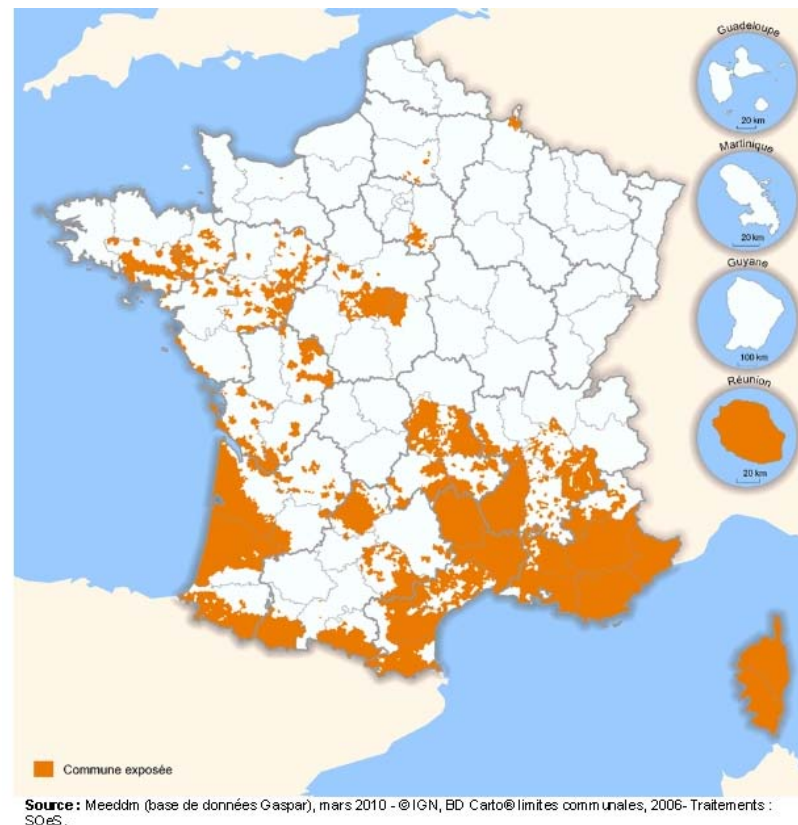
III.2.2.4. RISQUES INCENDIES

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.

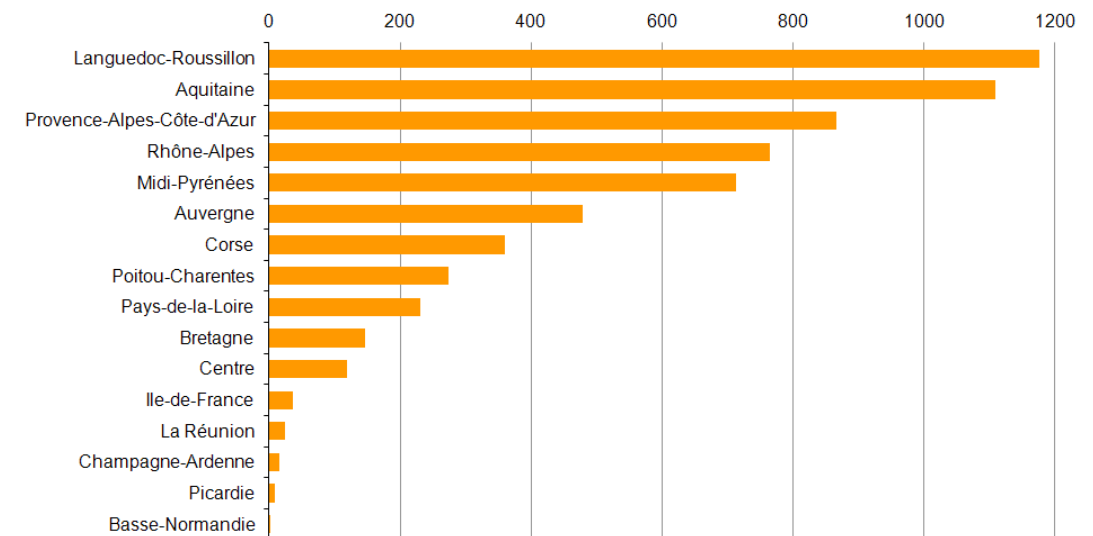


Carte 12 : Départements les plus touchés par les incendies entre 1992 et 1998 (source : SCEES)

D'après le site du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 25000 hectares de forêt sont incendiés en France: cela représente en moyenne 6000 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 6000 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 13 : Communes exposées aux risques de feux de forêts, en mars 2010 (source : MEDDTL)



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

Source : MEDDTL

A l'échelle du département, l'arrêté préfectoral du 21 mai 2013 relatif au droit de l'information des citoyens sur les risques naturels et technologiques majeurs précise dans son chapitre II que les Côtes d'Armor est le département breton le moins touché par les feux de forêt (contrairement au Finistère et au Morbihan) : le risque **feu de forêt** n'est donc pas considéré comme un risque majeur. Pour autant et de par la présence de la forêt de Malaunay positionnée à cheval sur Ploumagoar, Lanrodec et Saint-Jean-Kerdaniel, les communes ont été considérées comme à risque dans les Côtes d'Armor : le tableau ci-dessous reprend la liste des communes.

MASSIFS FORESTIERS	COMMUNES
Bois de Meur	LANRODEC BOQUEHO SAINT-PEVER
Bois d'Avaugour	SAINT-PEVER
Forêt de la Hunaudaye – Saint Aubin – Coatiégu	PLEDELIAC
Forêt de Loudéac	LOUDEAC LA MOTTE
Forêt de Lorge et de la Perche	L'HERMITAGE-LORGE
Forêt de la Hardouinais	MERDRIGNAC SAINT LAUNEUC
ZONES FORESTIERES	COMMUNES
Forêt de Malaunay	SAINT-JEAN-KERDANIEL PLOUMAGOAR LANRODEC
Bois de Penhoat-Lancerf et de Bôloi	PLOURIVO PLEUDANIEL
Bois de l'Abbaye et lande de Gouarec	PLELAUFF
Bois de Plédran	PLEDRAN
Bois d'en Haut et Bois d'en Bas	COETLOGON
Bois de Follézou	KERGRIST-MOELOU
Landes de Kerpert	KERPert
ZONES NATURELLES TOURISTIQUES	COMMUNES
Cap Fréhel (zones de landes)	FREHEL PLEVENON
Cap d'Erquy (zone boisée)	ERQUY
Île de Bréhat (zone de landes)	BREHAT

Tableau 7 : Liste des communes des Côtes d'Armor considérées comme à risque

Source : DDRM22



III.2.5. RISQUES ALÉAS RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Le risque incendie de forêt reste faible dans le département et ne représente que quelques hectares. Les statistiques départementales sur 28 années fournies par la SDIS⁵ sont présentées ci-dessous et montrent que globalement, les surfaces incendiées des landes sont plus importantes que les surfaces incendiées en forêts (sauf les années 1991, 1995 et 2004) : au total entre 1984 et 2012, 397,3 ha de forêts ont été incendiées contre 1242,69 ha de landes.

Année	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Landes	209	23	114	23,9	32,7	320	55,1	12,4	42,1	10
Forêt	191	11	2,5	0,9	11,3	28,8	15,9	14,3	5	1,4
Total	400	34	116	24,8	44	349	71	26,7	47,1	11,4

Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Landes	57,6	10,4	68,5	28	13	5	0	0	16	86
Forêt	3,1	11,1	26	11,6	0	1	0	0	0	11
Total	60,7	21,5	94,5	39,6	13	6	0	0	16	97

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Landes	14,4	2	10,5	0	19,4	14,89	24	22,8	8	-
Forêt	22	1	0	0	0	0,4	19	9	0	-
Total	36,4	3	10,5	0	19,4	15,2	43	31,8	8	-

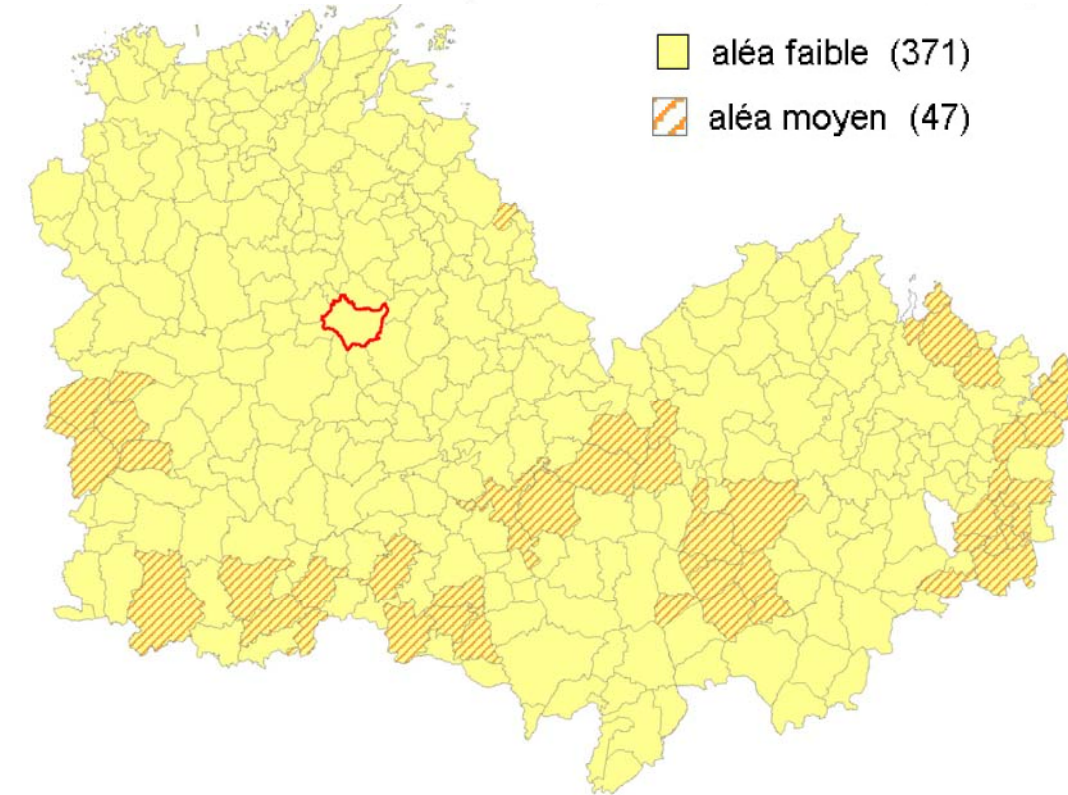
(Superficies en ha)

Tableau 8 : Statistiques départementales entre 1984 et 2012

Source : DDRM22/SDIS

Le risque d'incendie dans les Côtes d'Armor est faible, avec un risque plus élevé pour les landes que pour la forêt. 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.

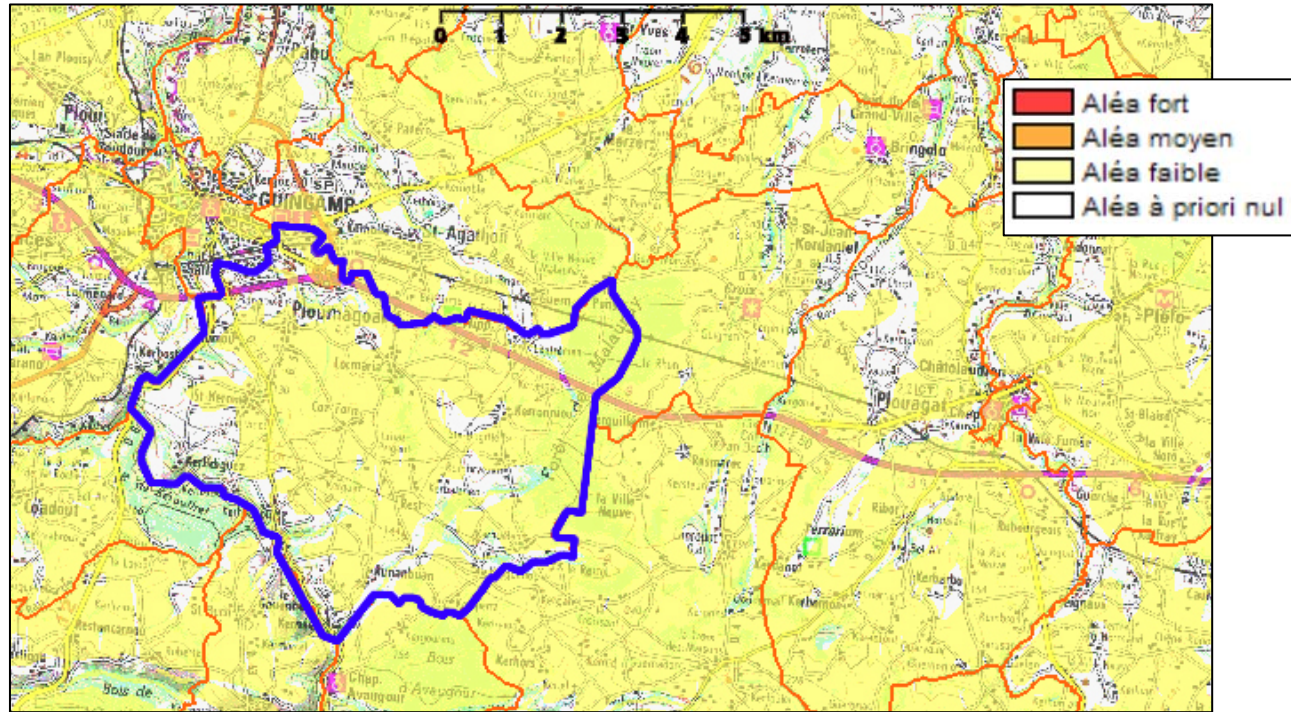
Concernant les risques de retrait-gonflement des argiles, nous pouvons distinguer deux enjeux à l'échelle du département : la plupart des communes sont classées en aléa **faible**, l'aléa moyen étant localisé principalement au sud ainsi que sur les secteurs centraux et Est du département. Les limites de la commune de Ploumagoar sont identifiables par la couleur rouge.



Carte 14 : Carte du retrait-gonflement des sols argileux dans les Côtes d'Armor (source : BRGM, février 2011)

⁵ Service Départementale d'Incendie et de Secours

La commune de Ploumagoar, dont les limites communales sont représentées en bleu sur la carte ci-dessous, est classée essentiellement en **aléa faible** : le bois de Malaunay est inscrit dans ce zonage.



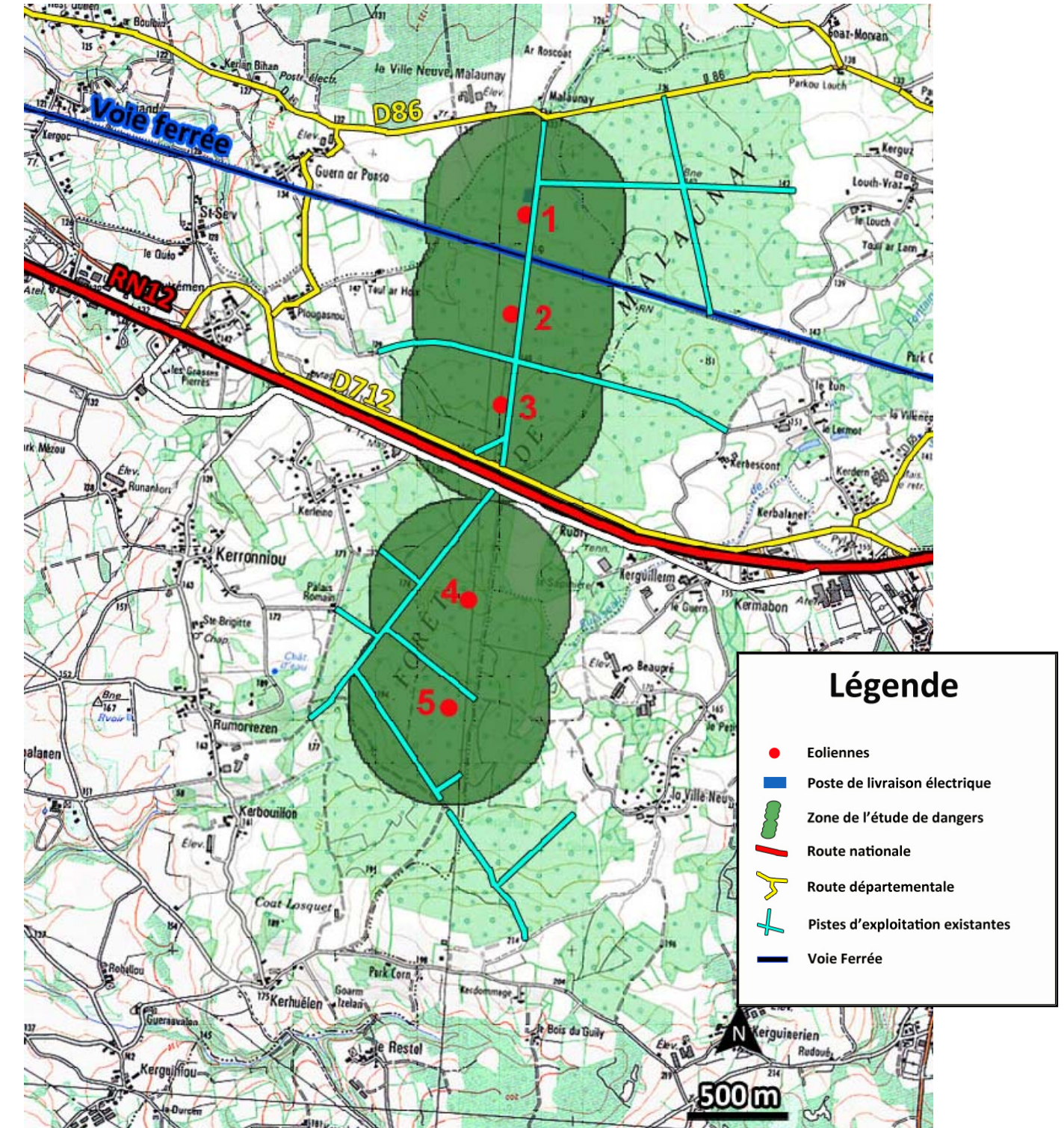
Carte 15 : Carte du retrait-gonflement des sols argileux sur la commune de Ploumagoar (source : BRGM)

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, les éoliennes sont situées en aléa faible. Par ailleurs, le dimensionnement des fondations permet de limiter davantage ce risque.

III.3. ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION



Carte 16 : Les pistes d'exploitation existantes dans la zone de l'étude de dangers

La zone de l'étude de dangers est traversée d'ouest en est par la voie ferrée reliant Brest à Rennes (de 25 à 50 trains par jour⁶) ainsi que par la route Nationale N12 (trafic d'environ 30 000 véhicules par jour entre Guingamp et Saint Brieu⁷).

Deux routes départementales passent également par la zone d'étude : la RD 86 (400 à 1100 véhicules par jour) et la RD 712 (500 à 4500 véhicules par jour)⁸.

Enfin, l'ensemble de la zone d'étude est desservi par des pistes d'exploitation destinées à l'activité sylvicole.

Type de voie de communication	Trafic journalier (nombre de véhicules par jour)	Voie structurante ⁹	Distance* à l'éolienne la plus proche
Voie ferrée Brest -Rennes	25 à 50	Oui	190m de E1
Route Nationale N12	30 000	Oui	345m de E3
Route départementale D86	400 à 1 100	Non	520m de E1
Route départementale D712	500 à 4500	Oui	330m de E3
Pistes d'exploitation	5 à 10	Non	5m

Tableau 9 : Le trafic journalier sur les voies de communication au sein de la zone de l'étude de dangers

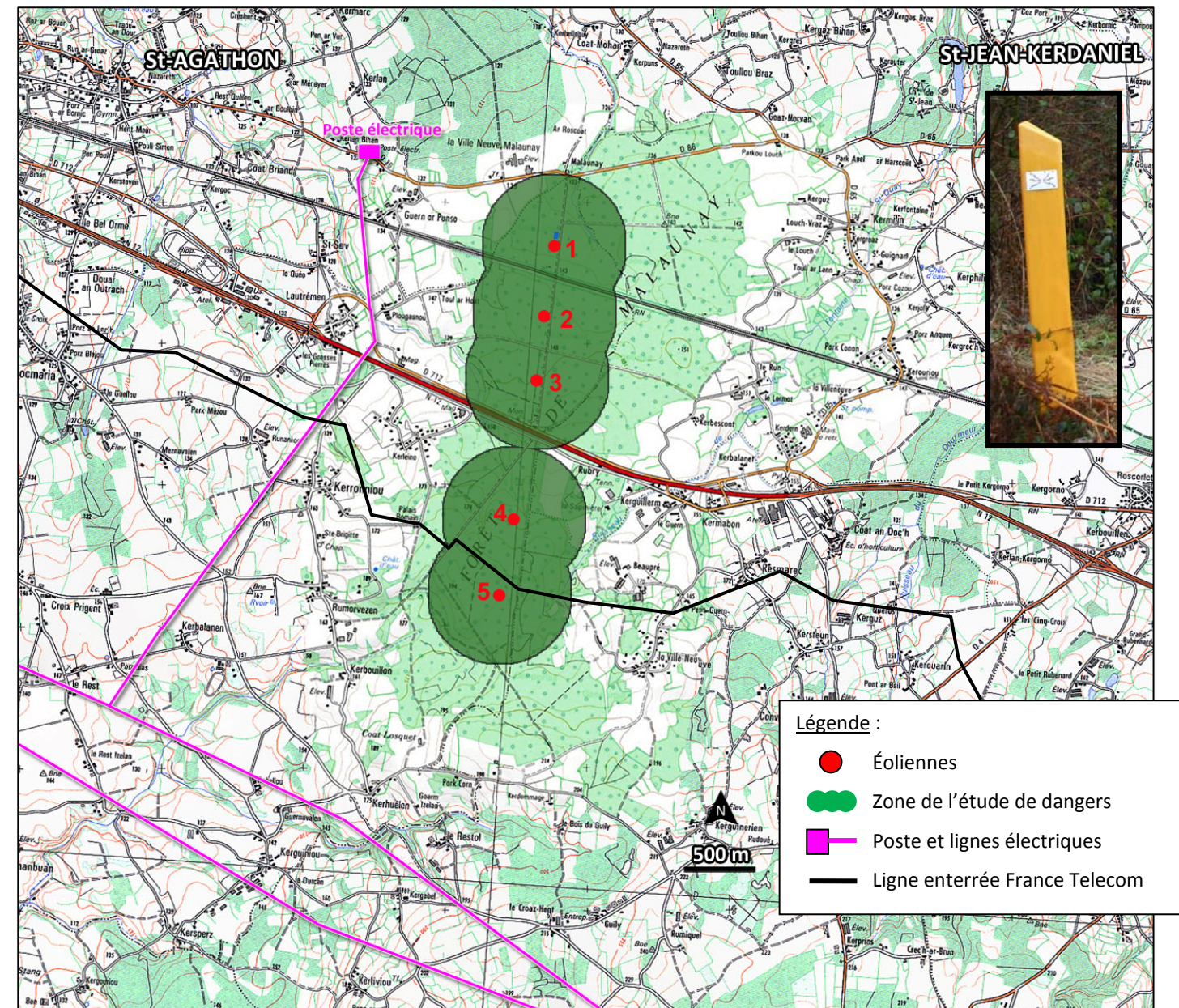
*Distance en mètre mesurée entre l'axe de l'éolienne et l'axe de la voie la plus proche

III.3.2. RÉSEAUX PUBLICS ET PRIVÉS

- Transport d'électricité et réseau France Telecom :

La ligne Haute Tension (trait rose) ayant son poste source à Saint Agathon (Kerlan Bihan) se situe à environ 1500 mètres du site éolien. Celle-ci passe parallèlement à la forêt de Malaunay selon un axe nord-sud.

Le réseau France Telecom le plus proche (trait noir) traverse le site sur un axe nord-ouest/sud-est : au sein de la zone d'étude de dangers, ce réseau enterré sous les chemins d'exploitation existants est identifié sur le terrain par la présence de bornes orangées (cf. photo ci-dessous). Lors des travaux la ligne France Télécom sera précisément repérée afin de ne pas l'endommager.



Carte 17 : Transport d'électricité et réseau France Telecom sur le site de Ploumagoar

⁶ Source : Réseau Ferré de France

⁷ Source : Direction Interdépartementale des Routes de l'Ouest (DIR OUEST) – Données 2010

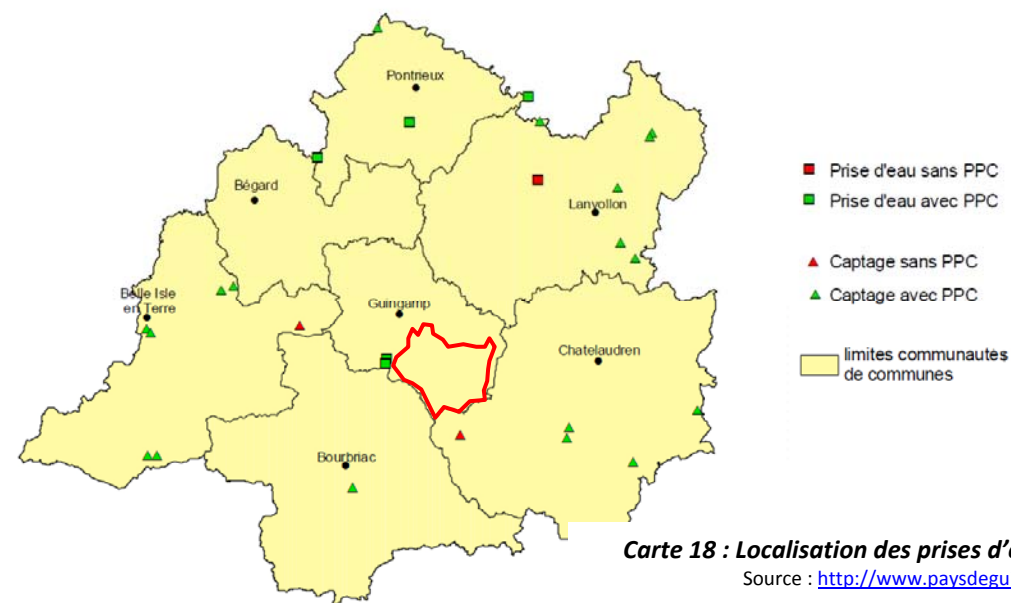
⁸ Source : Conseil Général des Côtes d'Armor

⁹ Une voie est structurante si son trafic journalier est supérieur à 2000 véhicules par jour ; on compte 100 véhicules pour un train – Source : Trame type de l'étude de dangers - 2012

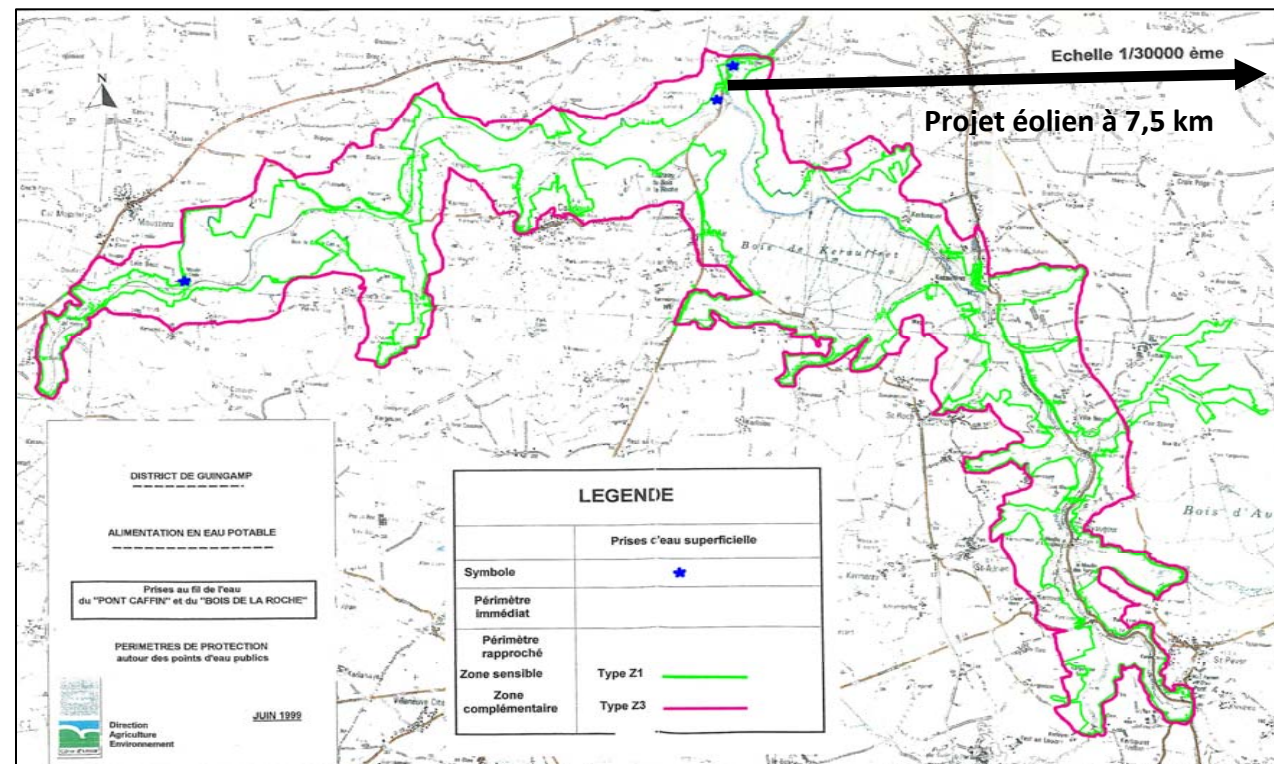
- Réseaux d'alimentation en eau potable (captages AEP, zones de protection des captages) :

Les prises d'eau les plus proches sont situées sur la commune de Grâce. Il s'agit des captages dit du « Pont Caffin » et de « Kerhervé ». (cf. Carte 19). **Le projet éolien ne s'inscrit pas dans les périmètres de protection de ces captages d'eau.**

L'eau potable sur le territoire du SCOT du Pays de Guingamp provient de 5 prises d'eaux superficielles et 20 captages d'eaux souterraines (cf. carte 18). D'après le code de la santé publique, les points de prélèvement d'eau destinés à la consommation humaine doivent avoir des périmètres de protection contre les pollutions accidentelles, ponctuelles ou locales.



Carte 18 : Localisation des prises d'eau autour du projet
Source : <http://www.paysdeguingamp.com>



Carte 19 : Périmètre de protection du captage d'eau le plus proche au site éolien Source : ARS22

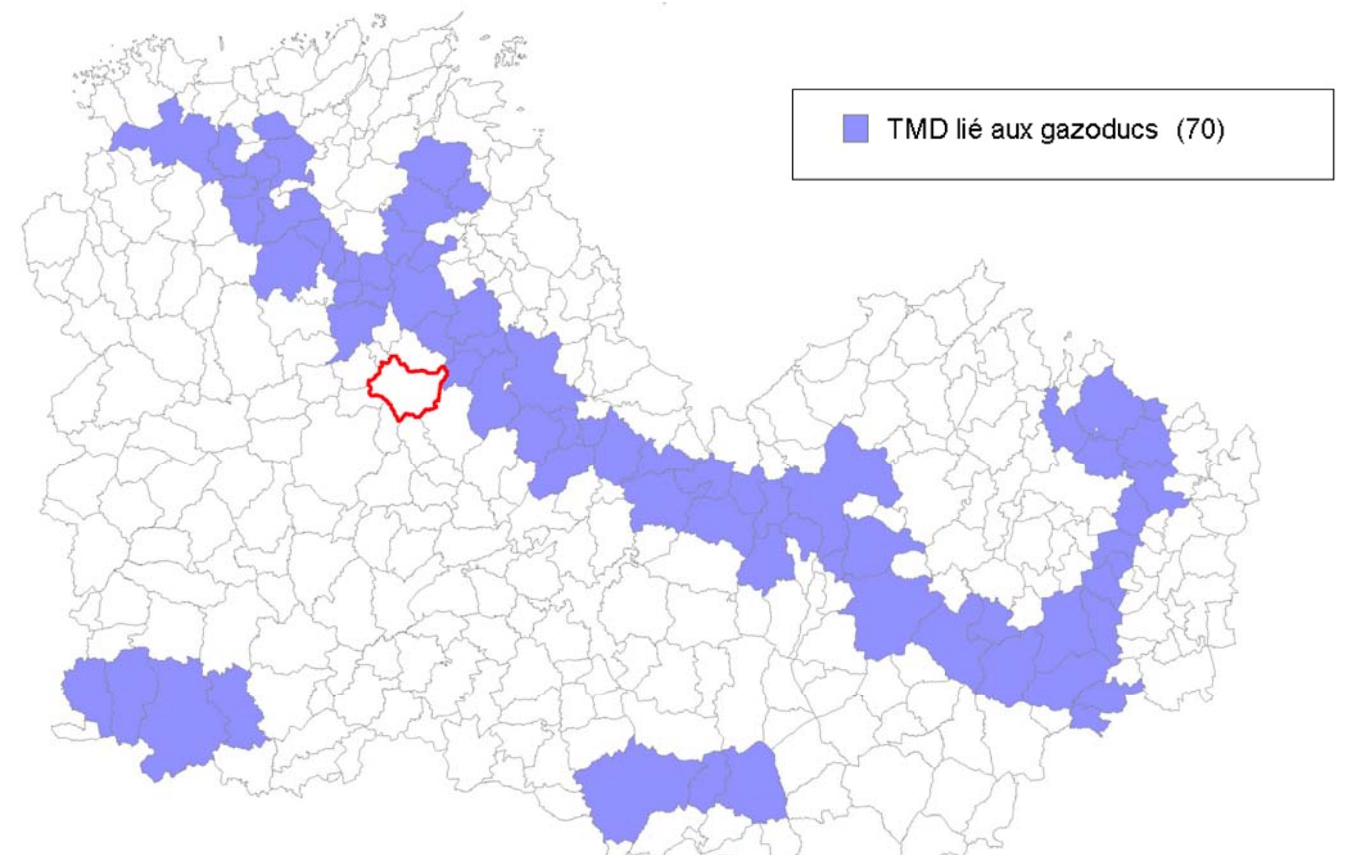
- Canalisations de transport :

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 implantés 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 20 : Carte des réseaux de transport des fluides en France
Source : Agence internationale de l'Énergie

La commune de Ploumagoar (limite communale en rouge sur la carte 21) n'est pas concernée par le transport de matières dangereuses (TMD) lié aux gazoducs.



Carte 21 : Carte des communes concernées par le transport des matières dangereuses lié aux gazoducs Source : DDRM22

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

Le projet ne se situe dans aucun périmètre de protection de captage d'eau

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

III.4. 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.

Pour déterminer le nombre de personnes permanentes, nous nous sommes placés dans une hypothèse majorante :

- en considérant 1 personnes par tranche de 10 ha pour les terrains non aménagés (exemple : forêt) au lieu de une personne par tranche de 100 ha, augmentant ainsi les enjeux humains.
- en ne déduisant pas le nombre de personnes permanentes déjà comptabilisés par ailleurs dans une même zone d'effet ou d'étude.

Calcul du lu nombre de l'équivalent personnes permanentes (EPP).



La zone d'étude de l'éolienne représente une surface de $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
La D86 n'est pas une voie structurante (circulation inférieure à 2000 véhicules par jour), elle sera alors considérée comme un terrain aménagé mais peu fréquenté.
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » concerne donc **7,8 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).
La voie ferrée peut être considérée comme structurante puisqu'elle se caractérise par un trafic journalier de 25 à 50 trains par jour (prenons le pire des cas, 50 trains). Dans cette zone d'étude, la voie ferrée représente 800 mètres dans la zone d'étude de l'éolienne E1.
Selon la trame type, pour un train de voyageurs, il faut compter 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train) soit ici :
Distance (en kilomètres) x nombre de trains/jour x 0,4 personnes
= $0,8 \times 50 \times 0,4 = 16$ personnes

On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E1 concerne 7,8 + 16 = 23,8 équivalent personnes permanentes (EPP).



La zone d'étude de l'éolienne représente une surface de $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » concerne **7,8 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).
La voie ferrée peut être considérée comme structurante puisqu'elle se caractérise par un trafic journalier de 25 à 50 trains par jour (prenons le pire des cas, 50 trains). Dans cette zone d'étude, la voie ferrée représente 700 mètres dans la zone d'étude de l'éolienne E2.
Selon la trame type, pour un train de voyageurs, il faut compter 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train) soit ici :
Distance (en kilomètres) x nombre de trains/jour x 0,4 personnes
= $0,7 \times 50 \times 0,4 = 14$ personnes

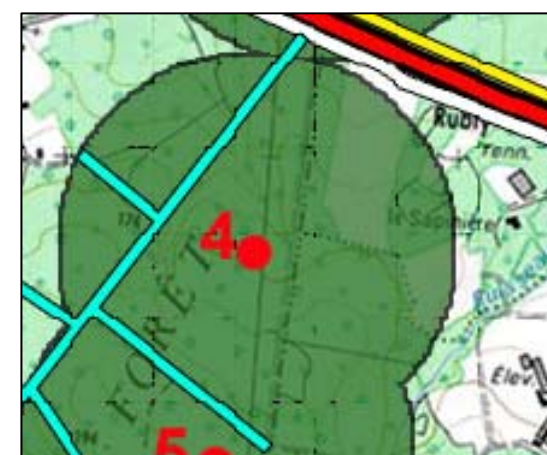
On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E2 concerne 7,8 + 14 = 21,8 équivalent personnes permanentes (EPP).



La zone d'étude de l'éolienne est égale à $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » concerne **7,8 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).
La route nationale N12 et la D712 peuvent être considérées comme structurantes puisqu'elles se caractérisent par un trafic journalier supérieur à 2000 véhicules. Ces deux routes représentent environ 750 mètres au sein de la zone d'étude de l'éolienne E3.

Pour la route nationale N12, nous devons compter (selon la trame type) 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour soit pour 30 000 véhicules / jours sur une zone de 750 mètres :
Distance (en km) x nombre de véhicules par jour/100 x 0,4 personnes
= $0,75 \times 30\ 000/100 \times 0,4 = 90$ personnes
De même pour la route départementale D712, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour soit pour 5 000 véhicules / jours sur une zone de 750 mètres :
= $0,75 \times 5\ 000/100 \times 0,4 = 15$ personnes

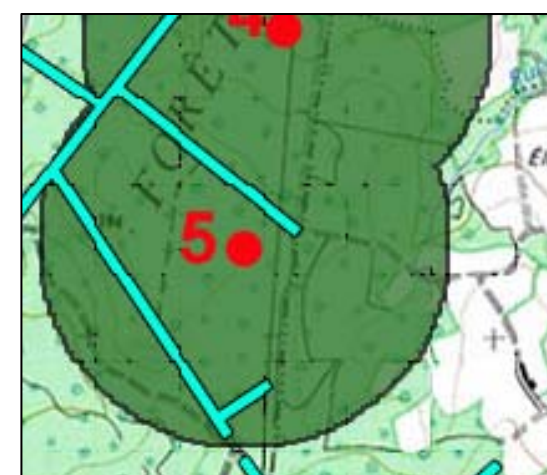
On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E3 concerne 7,8 + 90 + 15 = 112,8 équivalent personnes permanentes (EPP).



La zone d'étude de l'éolienne est égale à $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » concerne **7,8 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).

On ne note pas de route structurante au sein de la zone d'étude de l'éolienne E3.

On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E4 concerne 7,8 équivalent personnes permanentes (EPP).

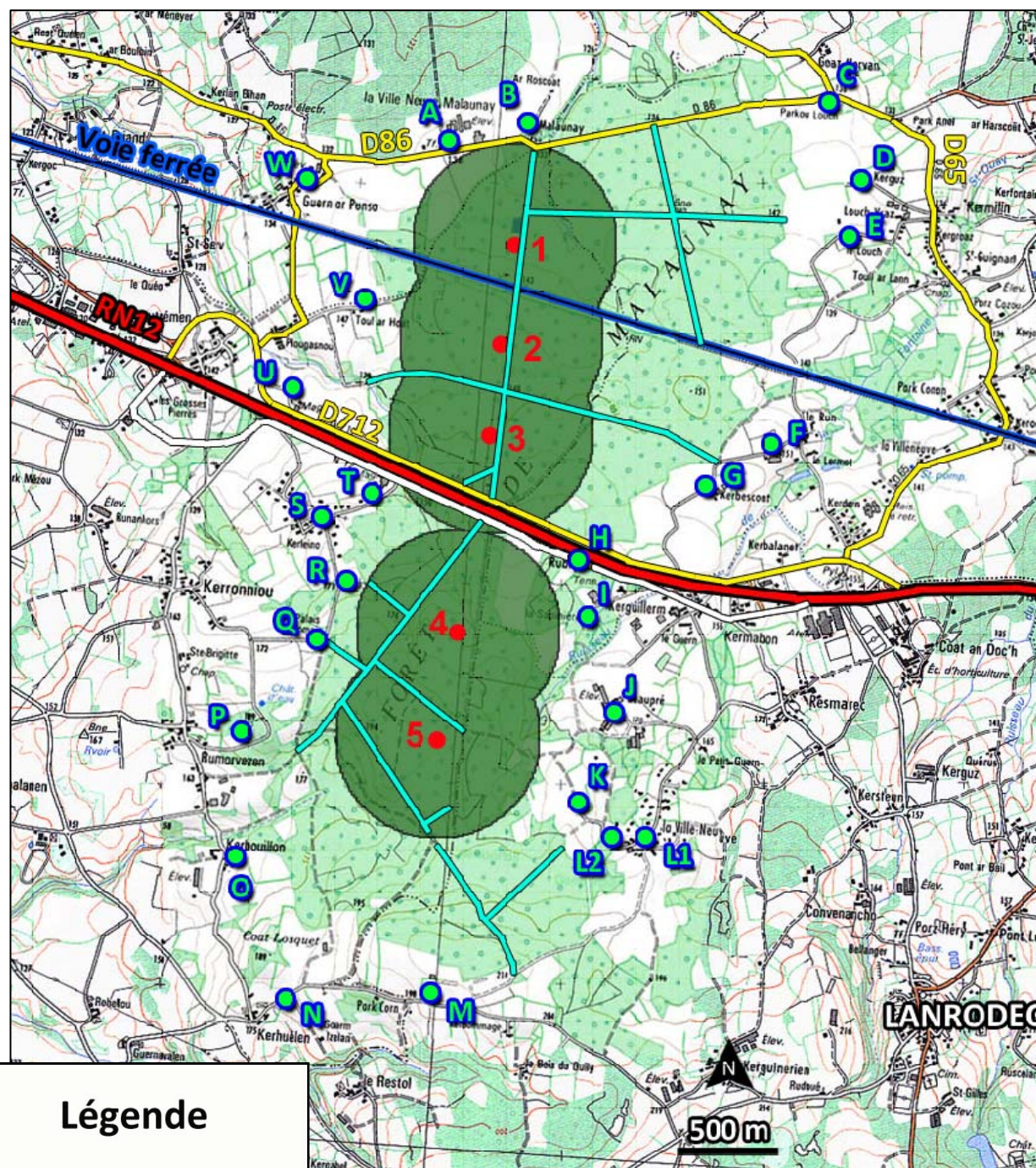


La zone d'étude de l'éolienne est égale à $\pi \times 500^2 = 78,5$ ha
L'ensemble homogène « Terrains aménagés mais peu fréquentés » concerne **7,8 personnes** (à raison d'une personne par tranche de 10 ha).

On ne note pas de route structurante au sein de la zone d'étude de l'éolienne E3.

On peut donc considérer que la zone d'étude de l'éolienne E4 concerne 7,8 équivalentes personnes permanentes (EPP).

Pour déterminer le nombre de personnes permanentes, nous nous sommes placés dans une hypothèse majorante en considérant 1 personnes par tranche de 10 ha pour les terrains non aménagés (exemple : forêt) au lieu de 1 personne par tranche de 100 ha, augmentant ainsi la présence des enjeux humains.



Carte 22 : Synthèse de l'environnement matériel- Site de Ploumagoar

IV. 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.

IV.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

IV.1.1. 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 pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (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.

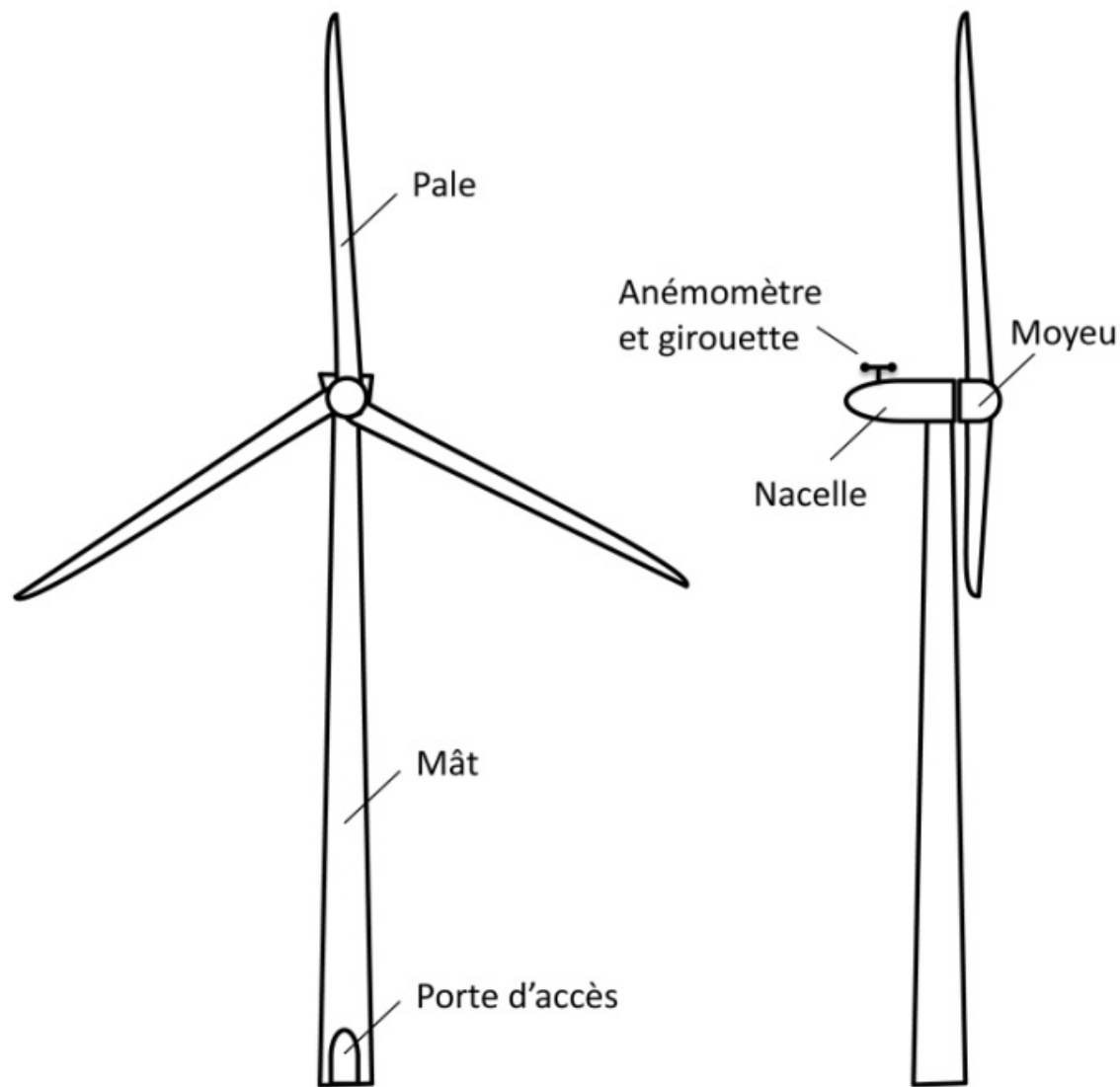


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

❖ 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 pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

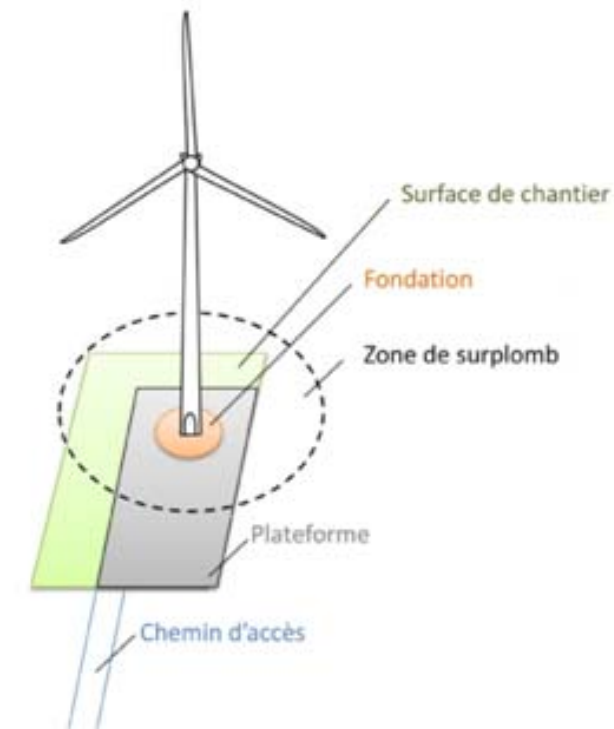


Figure 2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

❖ 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).

❖ Autres installations

Plusieurs panneaux pédagogiques seront disposés aux alentours du site afin d'informer le public sur les zones sensibles de la forêt et sur l'énergie éolienne.

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

IV.1.2. ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien de Ploumagoar 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.

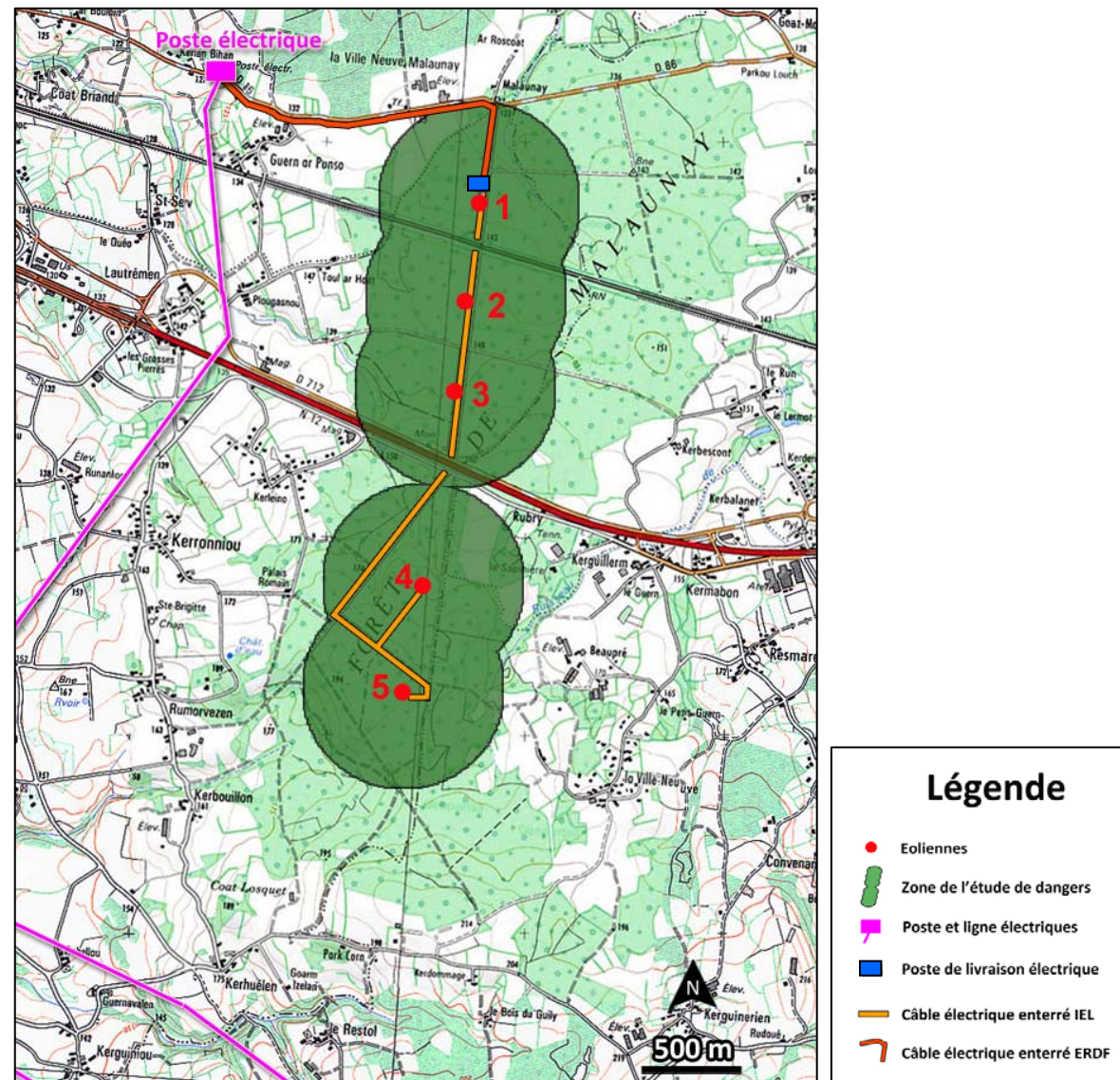
IV.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de Ploumagoar est composé de 5 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 105 mètres et un diamètre de rotor de 90 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale 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	201622	2408309	139
Eolienne n°2	201560	2407830	145
Eolienne n°3	201512	2407373	150
Eolienne n°4	201351	2406386	173
Eolienne n°5	201253	2405849	189
Poste de livraison (centre du PDL)	201624	2408353	139

Tableau 10 : Coordonnées dans le système Lambert II étendu



Carte 23 : Le raccordement électrique du projet de Ploumagoar

Source : Fond topo IGN et relevés de terrain

IV.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

IV.2.1. 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 pales 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 pales 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 pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent ;
- le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

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 19 mètres environ ; Masse de béton d'environ 1100 tonnes.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Hauteur de 105 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 / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	- Rotor de 90 mètres de diamètre ; - Pales de 45 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	Élever 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 11 : Fonctionnement d'un aérogénérateur

IV.2.2. 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 pales.

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 V90-2.0 MW.

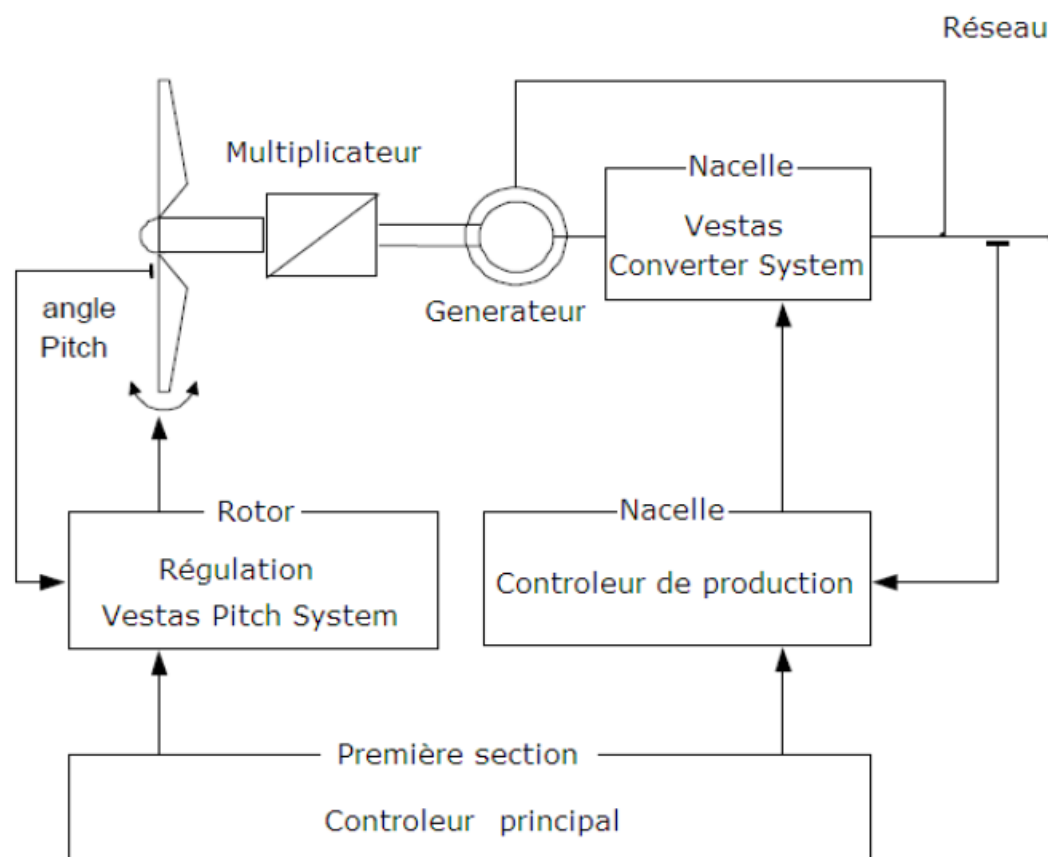


Figure 3 : Schéma simplifié de l'architecture de contrôle

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 pales 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 pales 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 pales 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 pales, 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.

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 basse 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 Ploumagoar 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 : La Motte (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 pales 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 pales (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 acquiescer 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 secours.

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 pales. Ce dispositif est constitué de capteurs de températures et d'accéléromètres installés sur les pales 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 pales.

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 pales 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 pales.

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 pales 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 pales 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 pales 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. Ci-dessous quelques exemples de pictogrammes :





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 pales et un contrôle visuel du mât.

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

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) sont listées. 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/Découplée	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 découplée 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 liés aux protections électriques par IEL Exploitation

ELECTRICITE RESEAU DISTRIBUTION FRANCE

ANNEXE 5
DESCRIPTIF TECHNIQUE DETAILLE 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 est signée entre ERDF et IEL Exploitation une fois l'obtention des autorisations administratives. La convention n'est pas disponible lors du dépôt du dossier ICPE en Préfecture.

IV.2.3. 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.



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.

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 pales, 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

Inspection après 3 mois de fonctionnement

Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
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.

Les opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.



Inspection après chaque année de fonctionnement

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 pales (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales 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 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

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.

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.

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.

IV.2.4. 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 Ploumagoar.

IV.3. FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

IV.3.1. RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

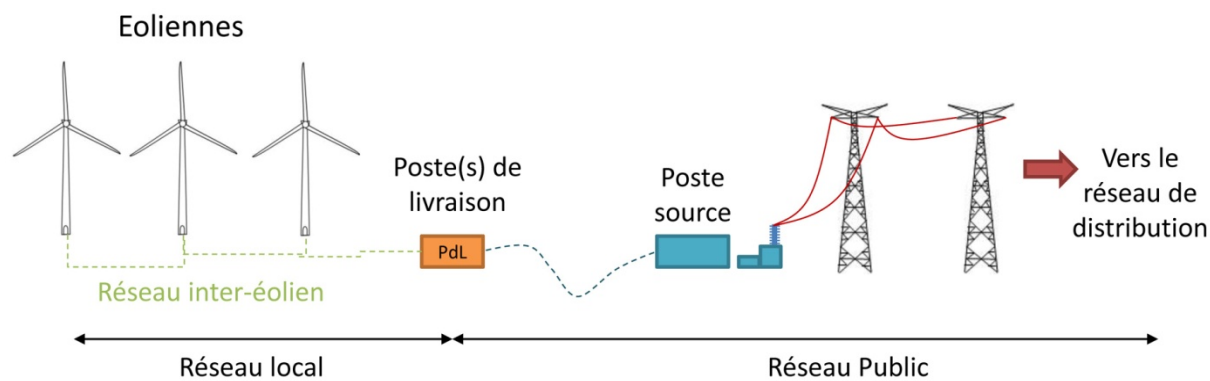


Figure 4 : Raccordement électrique des installations

❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne¹⁰, 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.

❖ Poste de livraison

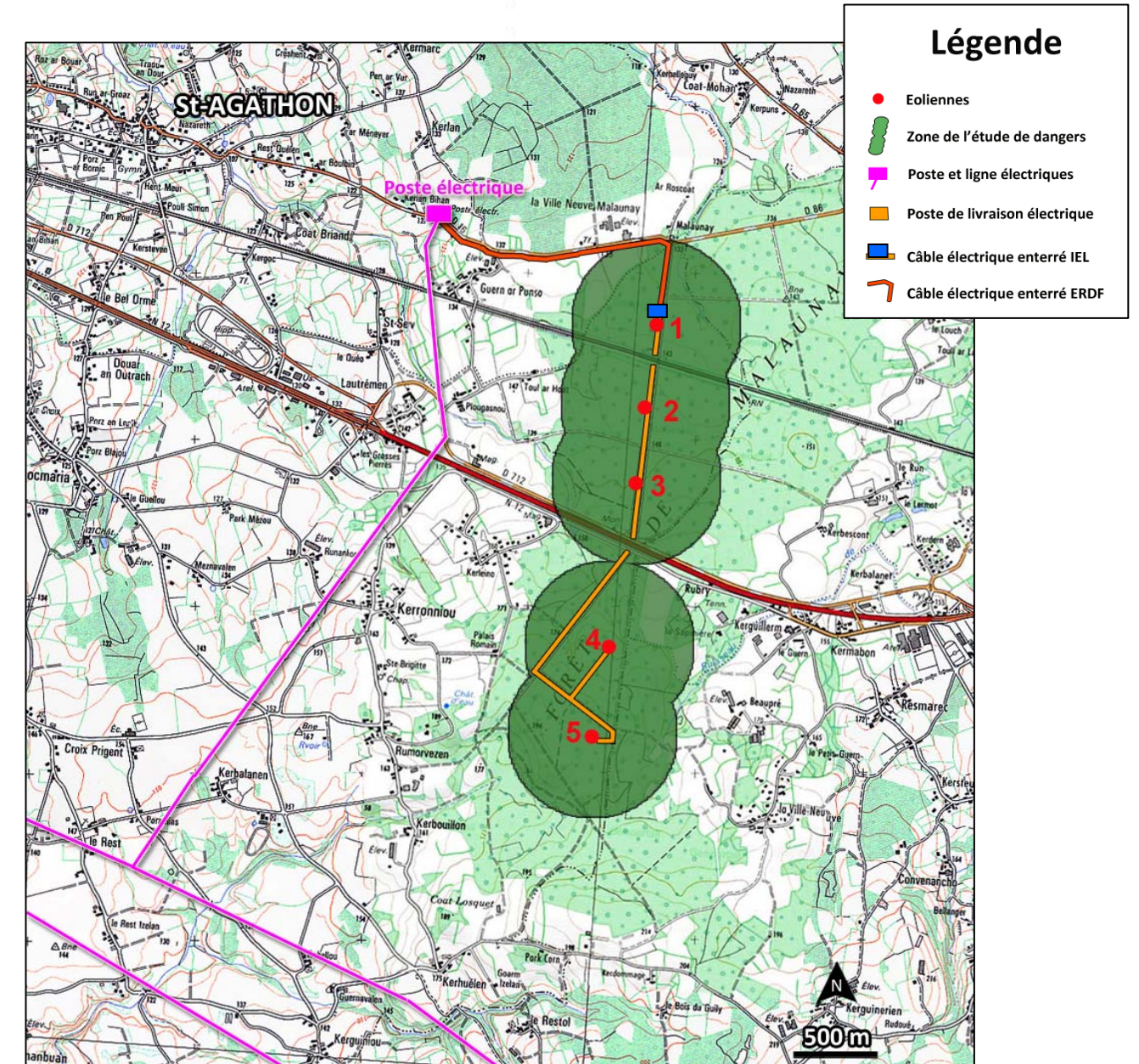
Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison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

¹⁰ 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.

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.

❖ 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.



Carte 24 : Le raccordement électrique des éoliennes

IV.3.2. AUTRES RÉSEAUX

Le parc éolien de Ploumagoar 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.

V. 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.

V.1. 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 Ploumagoar 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.

V.2. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Ploumagoar 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 pales
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

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
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

V.3. RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS À LA SOURCE

V.3.1. 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. De plus, l'accès du public au site n'est pas autorisé car la forêt est privée. Les routes nationales et la voie ferrée traversant le site n'offrent pas d'accès au site aux piétons. **Peu de personnes à pied auront donc accès au site puisque seuls le personnel lié à la sylviculture et quelques chasseurs y seront autorisés.**

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 V90 - 2 MW) dispose :

- de pales en matériaux composites, plus légères et moins sujettes aux phénomènes de fatigue ;
- d'un dispositif d'orientation des pales 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).

V.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des 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.

VI. 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.

VI.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

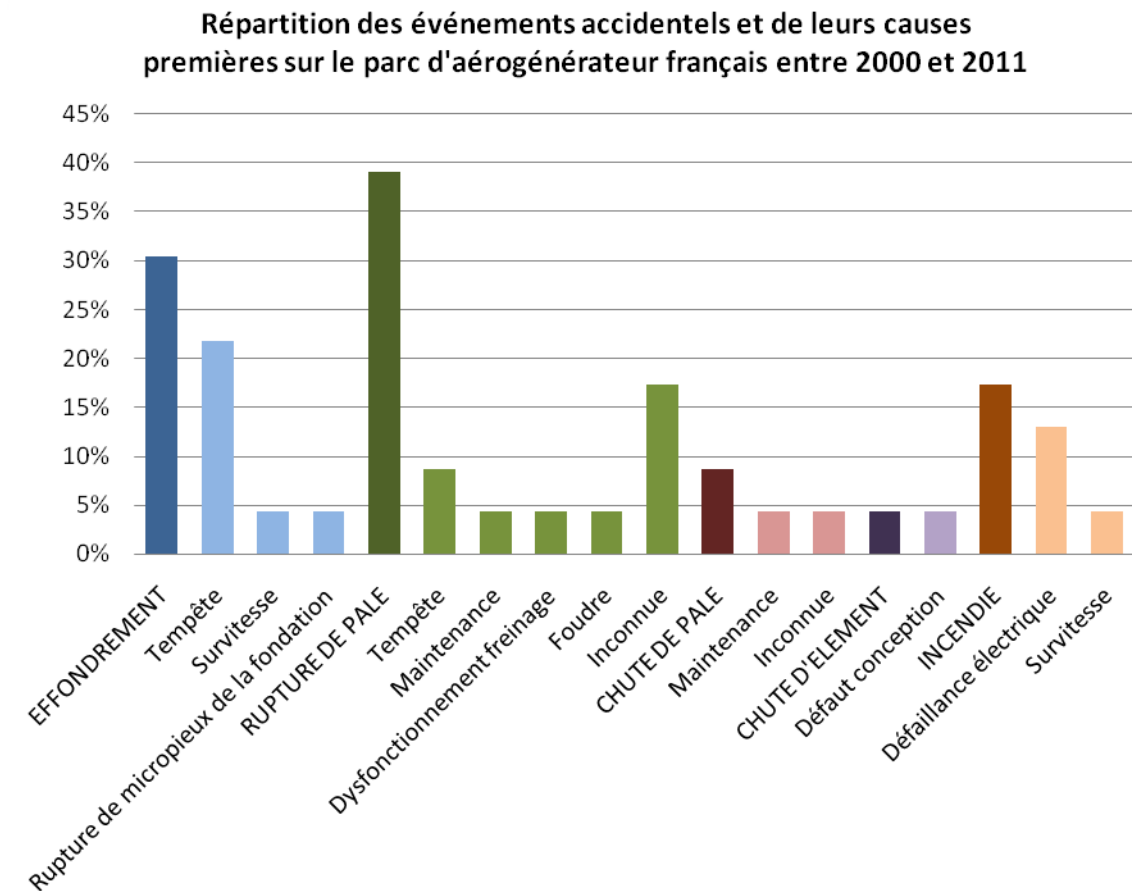
Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

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 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. Dans ce graphique sont présentés :

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



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

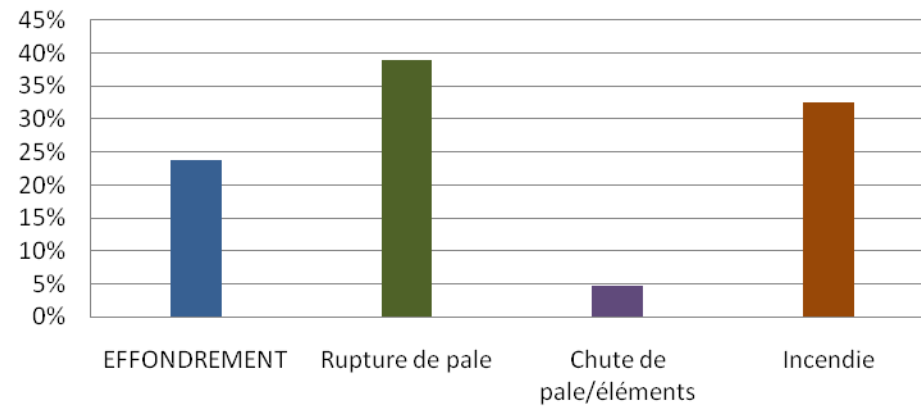
VI.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

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 fin 2010.

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

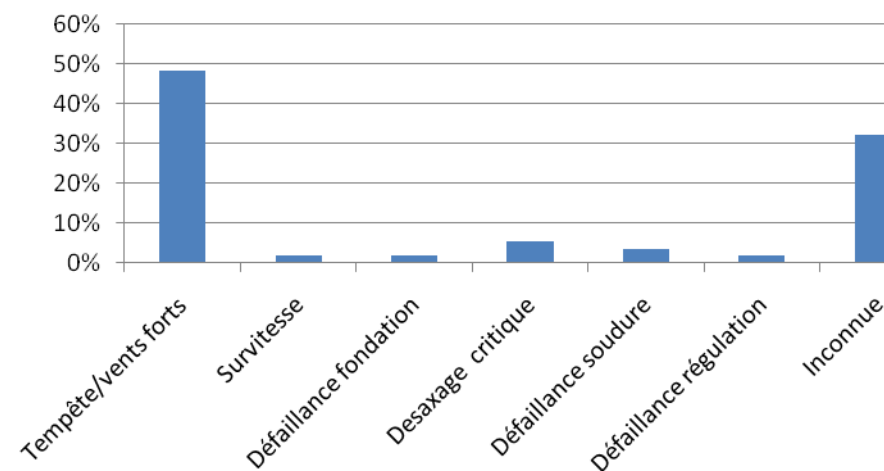
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

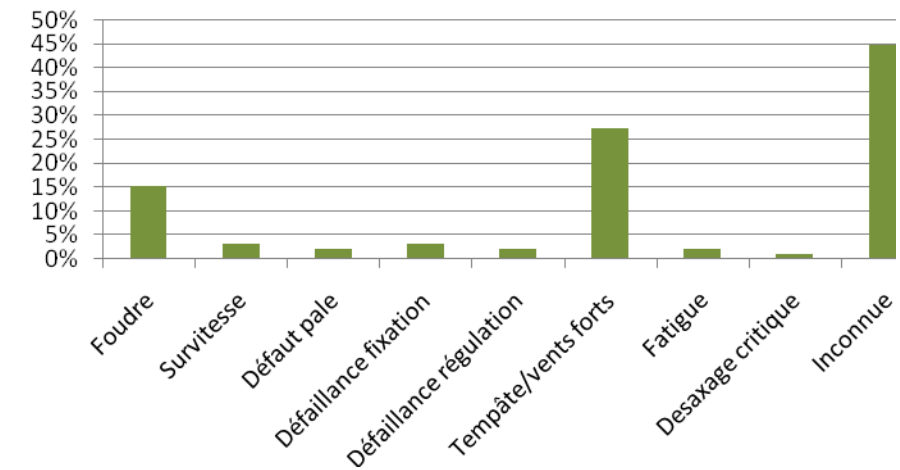


Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

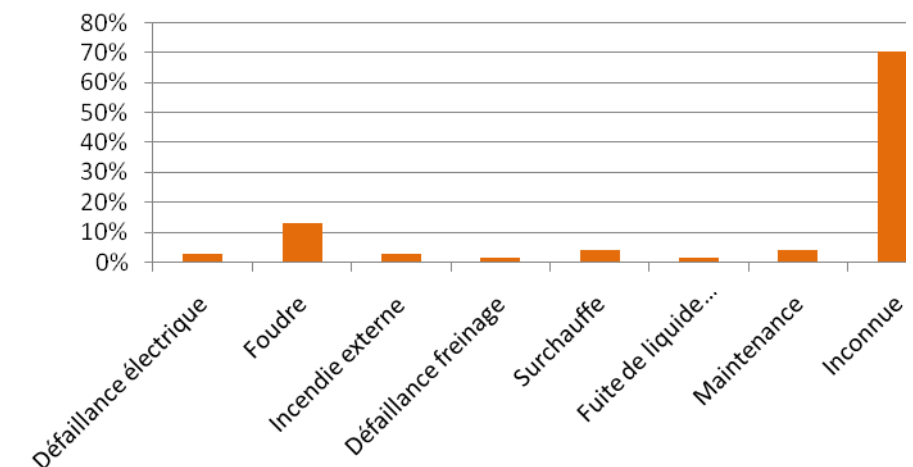
Répartition des causes premières d'effondrement



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.

VI.3. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

VI.3.1. 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.

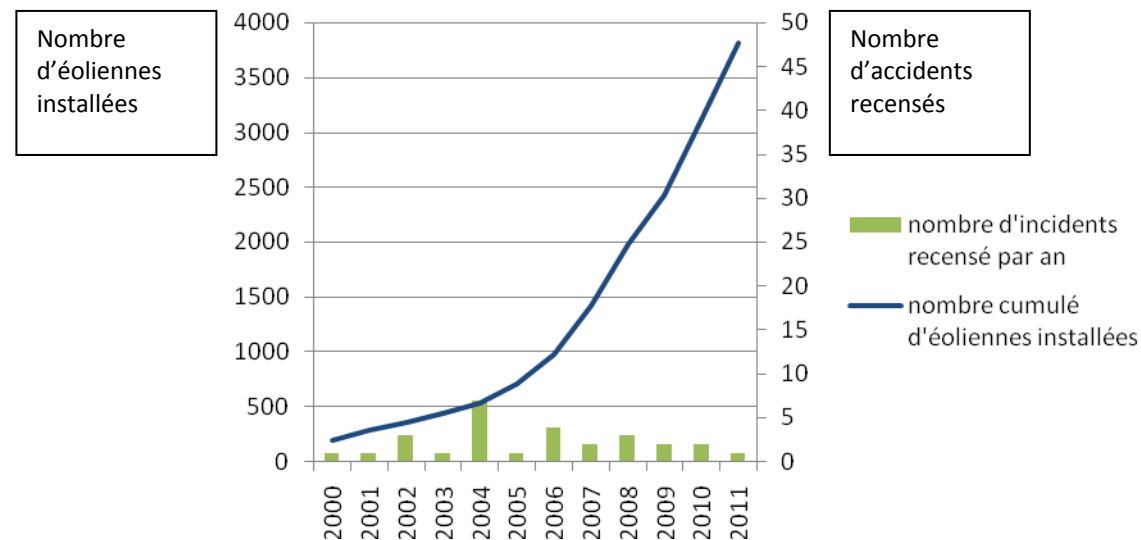


Figure 5: Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées
(On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant)

VI.3.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTS

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

- Effondrements
- Ruptures de pales
- Chutes de pales et d'éléments de l'éolienne
- Incendie

VI.4. 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.

VII. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

VII.1. 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.

VII.2. 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.

VII.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

VII.3.1. 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	190	>200	>200	>200	>200
Voie ferrée ¹¹	Transport	Accident entraînant le déraillement	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	170 m	190	285	735	1730	2270
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	480	460	460	>500	>500
Sylviculture	Exploitation sylvicole	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	5	5	5	5	5
Chasse	Loisir	Balle perdue sur les parois du mat ou sur les pales	Énergie cinétique de la balle	1000 m	5	5	5	5	5

Tableau 12 : Les agressions externes liées aux activités humaines

¹¹ Le gestionnaire de la voie ferrée traversant le site éolien a été interrogé : son avis est consultable au chapitre **Servitudes** du document **Annexes** du dossier ICPE de Ploumagoar.

VII.3.2. 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 des Côtes d'Armor 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)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Le site est en dehors de zones inondables.

Tableau 13 : 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.

VII.4. 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).



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
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace 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
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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 importante sur les pales	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 – exploitation) (N° 9)	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
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.

VII.5. EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

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.

VII.6. 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 Ploumagoar. 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.



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

- **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 pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	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 ¹²		
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.		

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 pales) 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.		

¹² Non Attribué



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 pales 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 pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). 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 pale, 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 pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		



Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	<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 secouru (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>		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	<ol style="list-style-type: none"> 1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression 2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) 3. Procédure d'urgence 4. Kit antipollution 5. Bacs de rétention 		
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) 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 pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales 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 pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale. <p>La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.</p> <p>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.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 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. 3. 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. <p>Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. 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 ...) ; • 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> 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. 		



3 – ÉTUDE DE DANGERS –

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.

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 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 pales 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 pales 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 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 pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 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 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.

VII.7. 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 :

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 températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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

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

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

VIII. 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.

VIII.1. 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.

VIII.1.1. CINÉTIQUE

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [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.

VIII.1.2. INTENSITÉ

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [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.

VIII.1.3. 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 »

VIII.1.4. PROBABILITÉ

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

VIII.2. CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

VIII.2.1. 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 pale, soit **150 m** dans le cas des éoliennes du parc de Ploumagoar.

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 Ploumagoar. R est la longueur de pale (R=45m), H la hauteur du mât (H=105m), L la largeur du mât (L=4,50m) et LB la largeur de base de la pale (LB=3.50m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
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 = 45m, H= 105m, LB=3,5m et L= 4,5m $Z_i = 709 \text{ m}^2$	$Z_e = \pi \times (H+R)^2$ $Z_e = 70686 \text{ m}^2$	1%	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 pale)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	$\pi \times 150^2 \times (1/100000)$ 0,7	Sérieux
E2	$\pi \times 150^2 \times (1/100000)$ 0,7	Sérieux
E3	$\pi \times 150^2 \times (1/100000)$ 0,7	Sérieux
E4	$\pi \times 150^2 \times (1/100000)$ 0,7	Sérieux
E5	$\pi \times 150^2 \times (1/100000)$ 0,7	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. **Néanmoins dans le cadre du projet éolien de Ploumagoar, nous avons retenu 1 personne par tranche de 10 ha au lieu de 1 personne par tranche de 100 ha pour les terrains de type forêt.**

❖ 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.

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'expérience¹³, 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 Ploumagoar, 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

Ainsi, pour le parc éolien de Ploumagoar, 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 55.

¹³ 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.

VIII.2.2. CHUTE DE GLACE

❖ Considérations générales

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

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

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

❖ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Ploumagoar, la zone d'effet a donc un rayon de 45 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Ploumagoar. Zi est la zone d'impact, Ze est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R=45m), 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 = 6362m ²	d = 0,00016 (< 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	0,06	modérée
E2	0,06	modérée
E3	0,06	modérée
E4	0,06	modérée
E5	0,06	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 Ploumagoar, 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 Ploumagoar, 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 55.

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.

VIII.2.3. 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 pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

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

❖ 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 Ploumagoar. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R la longueur de pale ($R=45m$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=3,5$).

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
$Z_i = R \cdot LB/2$ $Z_i = 78,75m^2$	$Z_e = \pi \times R^2$ $Z_e = 6362m^2$	$d = Z_i / Z_e$ $d = 0,012$ ($> 1\%$)	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 :

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	0,06	sérieux
E2	0,06	sérieux
E3	0,06	sérieux
E4	0,06	sérieux
E5	0,06	sérieux

❖ Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-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 Ploumagoar, 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 Ploumagoar, 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 55.

VIII.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

❖ Zone d'effet

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

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

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

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

❖ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Ploumagoar. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R la longueur de pale ($R=45$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=3,5$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale (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
$Z_i = R \cdot LB / 2$ $Z_i = 78,75 m^2$	$Z_e = \pi \times R^2$ $Z_e = 785400 m^2$	0,0001 ($< 1\%$)	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 »

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 (le calcul détaillé du nombre de personnes permanentes est disponible à la page 23) :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	23,8	important
E2	21,8	important
E3	112,8	catastrophique
E4	7,8	sérieux
E5	7,8	sérieux

❖ Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project [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 pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.)

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

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

❖ Acceptabilité

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. Par ailleurs, nous nous situons dans un cas majorant dans la mesure où

- Nous considérons 1 personne par tranche de 10 ha au lieu de 1 personne par tranche de 100 ha pour les terrains de type forêt
- Nous ne déduisons pas le nombre déjà calculé de personnes permanentes situées sur les autres types de terrains présents au de la même zone d'effet du phénomène étudié.

Ainsi le nombre de personnes permanentes et le degré de gravité sont surestimés pour chaque éolienne.

Concernant plus particulièrement l'éolienne E3, le passage de gravité « catastrophique » à « désastreux » impliquerait un trafic de la RN 12 multiplié par 10, soit 300 000 véhicules par jour au lieu de 30 000 véhicules par jour actuellement, ce qui est une hypothèse peu réaliste.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Ploumagoar, 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	important	acceptable
E3	catastrophique	acceptable
E4	sérieux	acceptable
E5	sérieux	acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Ploumagoar, 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.

VIII.2.5. PROJECTION DE GLACE

❖ Zone d'effet

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

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

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

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

❖ Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 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 Ploumagoar. d est le degré d'exposition, Zi la zone d'impact, Ze la zone d'effet, R la longueur de pale (R=45m), H la hauteur au moyeu (H=105m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (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
Zi = SG Zi = 1m ²	Ze = π x (1,5*(H+2*R)) ² Ze = 268780m ²	5,5 x 10 ⁻⁶ (< 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 de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

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

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R _{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne = 292,5m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	2,7	Sérieux
E2	2,7	Sérieux
E3	2,7	Sérieux
E4	2,7	Sérieux
E5	2,7	Sérieux

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 Ploumagoar, 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	Sérieux	Oui	acceptable
E3	Sérieux	Oui	acceptable
E4	Sérieux	Oui	acceptable
E5	Sérieux	Oui	acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Ploumagoar, 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 55.

VIII.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

VIII.3.1. 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 pale	Rapide	exposition forte	D (pour des éoliennes récentes) ¹⁴	Sérieux pour les éoliennes E1 à E5
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	exposition forte	C	Sérieux pour les éoliennes E1 à E5
			exposition modérée		
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modéré pour les éoliennes E1 à E5
Projection	500 m autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (éoliennes récentes) ¹⁵	Important pour les éoliennes E1 et E2
					Catastrophique pour l'éolienne E3
					Sérieux pour les éoliennes E4 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 les éoliennes E1 à E5

¹⁴ Voir paragraphe VIII.2.1

¹⁵ Voir paragraphe VIII.2.4

VIII.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

Les accidents potentiels identifiés sont de cinq sortes :

- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute d'élément de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de pale ou de fragment de pale ;
- 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		Projection de pale E3			
Important		Projection de pale E1 et E2			
Sérieux		Effondrement de l'éolienne E1 à E5 Projection de pale E4 et E5	Chute d'élément de l'éolienne E1 à E5	Projection de glace E1 à E5	
Modéré					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
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, 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 Ploumagoar est **acceptable**.

VIII.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

- Effondrement de l'éolienne :

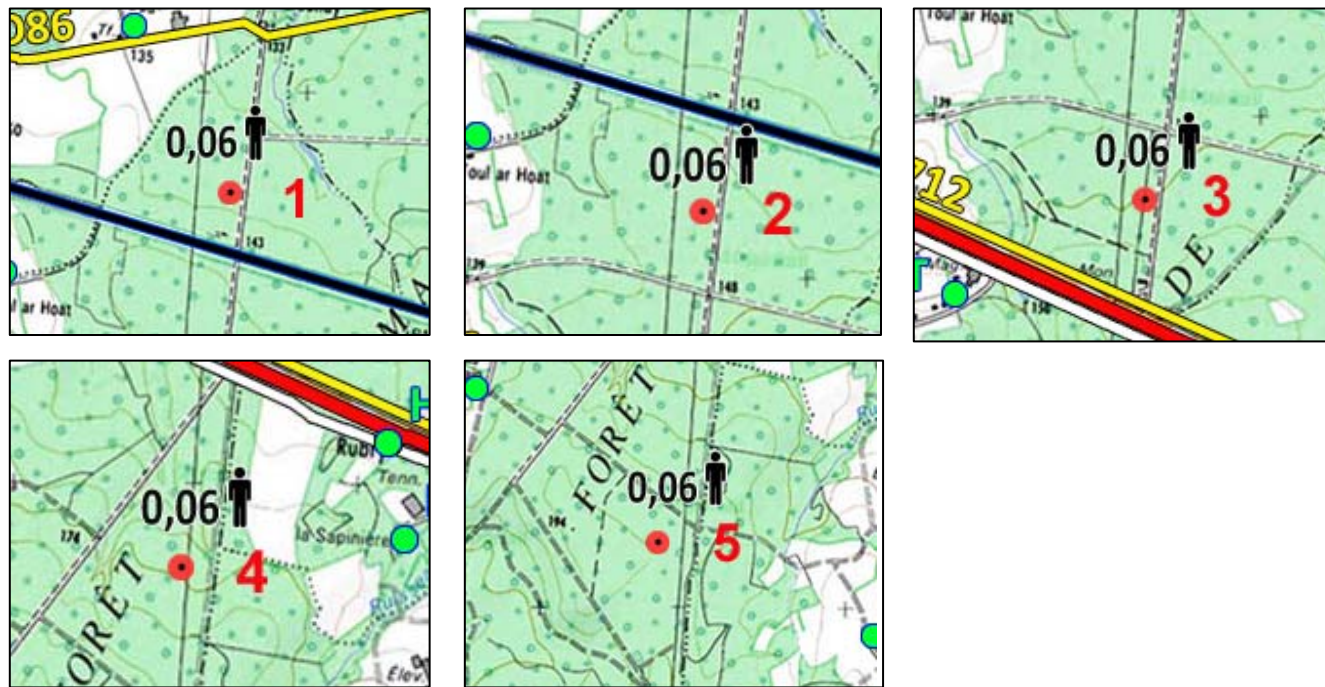


Légende

- Eolienne
- Exposition faible
- Exposition modérée
- Exposition forte
- Route nationale RN12
- Route départementale
- Voie ferrée
- Zones d'habitation les plus proches
- XXX Equivalent personnes permanentes

- 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 le même nombre d'équivalents personnes permanentes (EPP) pour chaque éolienne (car il s'agit d'une zone de terrains aménagés mais peu fréquentés) et des niveaux de gravité équivalents (niveau sérieux).
- 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.

- Chute d'éléments de l'éolienne :

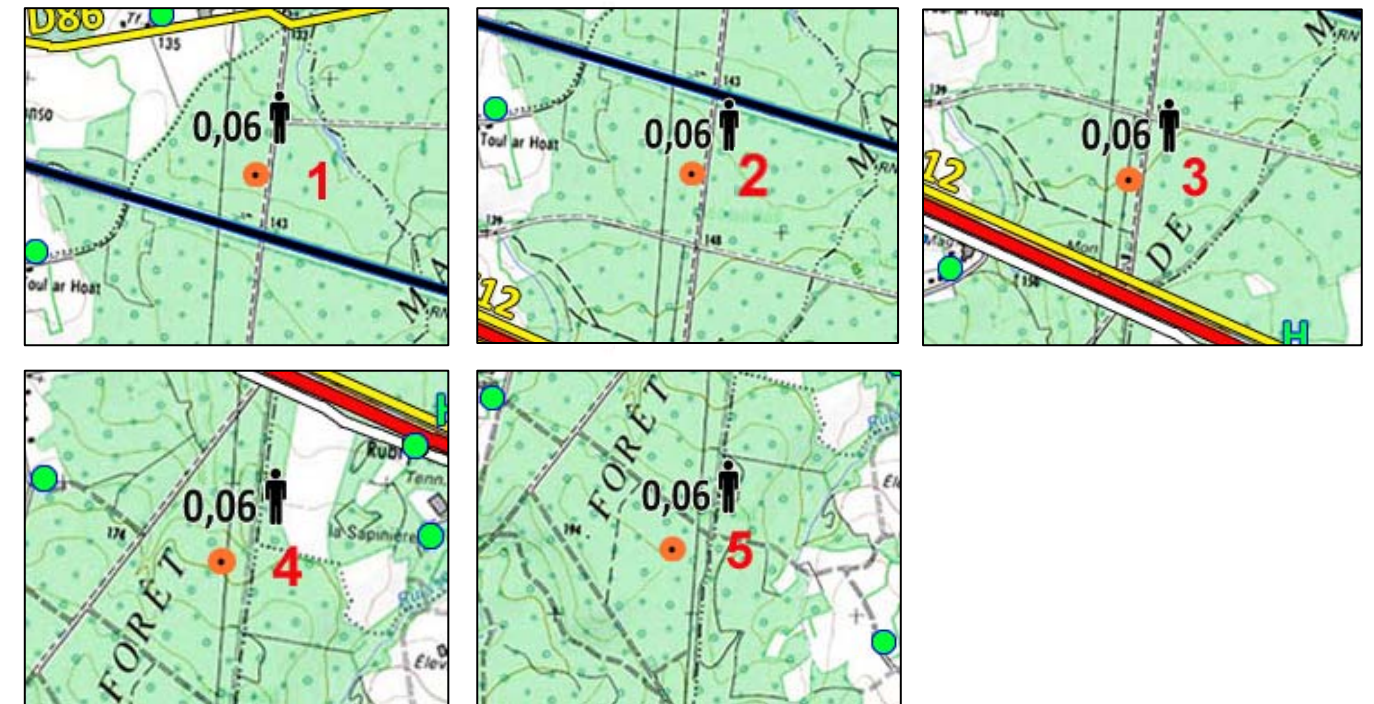


- Ce scénario concerne les cinq éoliennes de la même manière.
- Sa cinétique est rapide.
- **La zone d'effet afférente à ce scénario est de 45 mètres** (taille de pales des éoliennes choisies dans le cadre du projet) et concerne de fait 0,06 équivalents personnes permanentes.
- En termes d'intensité, 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.

Légende

- Eolienne
- Exposition faible
- Exposition modérée
- Exposition forte
- Route nationale RN12
- Route départementale
- Voie ferrée
- Zones d'habitation les plus proches
- XXX Equivalent personnes permanentes

- Chute de glace :

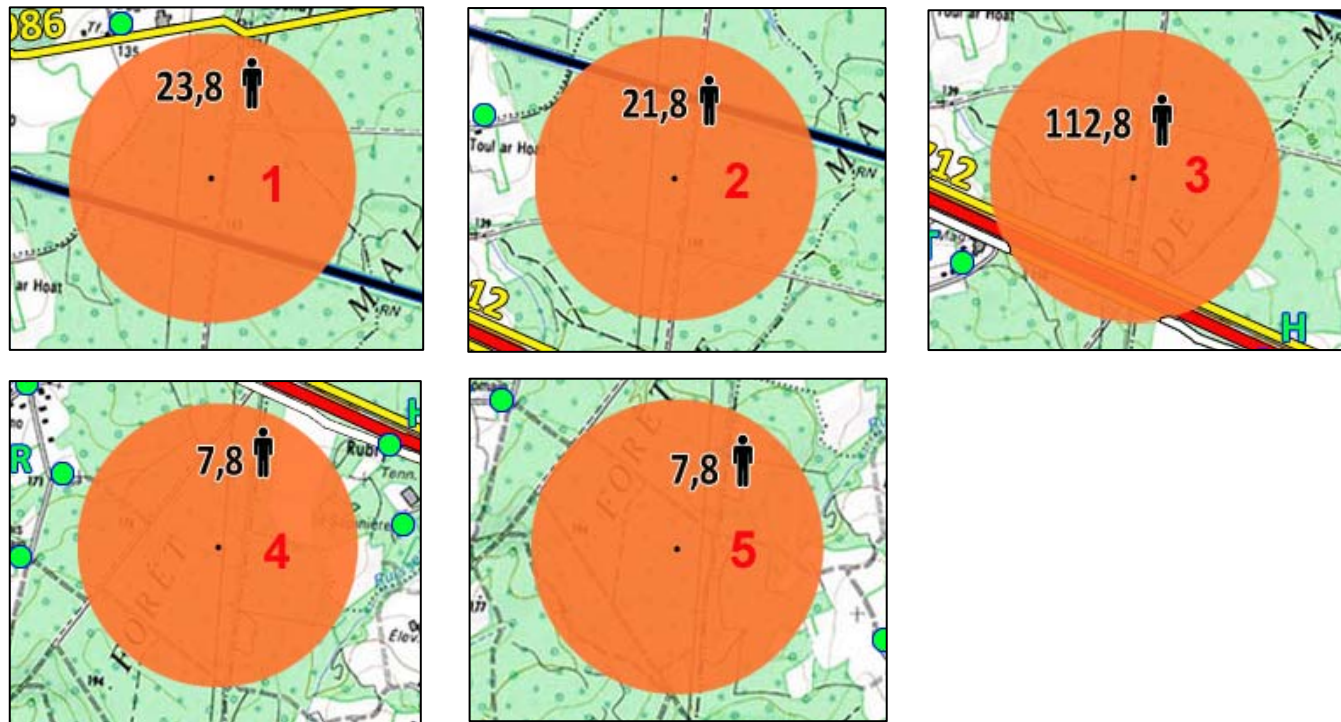


- Ce scénario concerne les cinq éoliennes de la même manière.
- Sa cinétique est rapide.
- **La zone d'effet afférente à ce scénario est de 45 mètres** (taille de pales des éoliennes choisies dans le cadre du projet) et concerne de fait 0,06 équivalents personnes permanentes.
- En termes d'intensité, l'exposition est modérée.
- La probabilité d'occurrence de ce scénario est de A (**sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C**).
- La gravité de ce scénario est qualifiée de modérée.

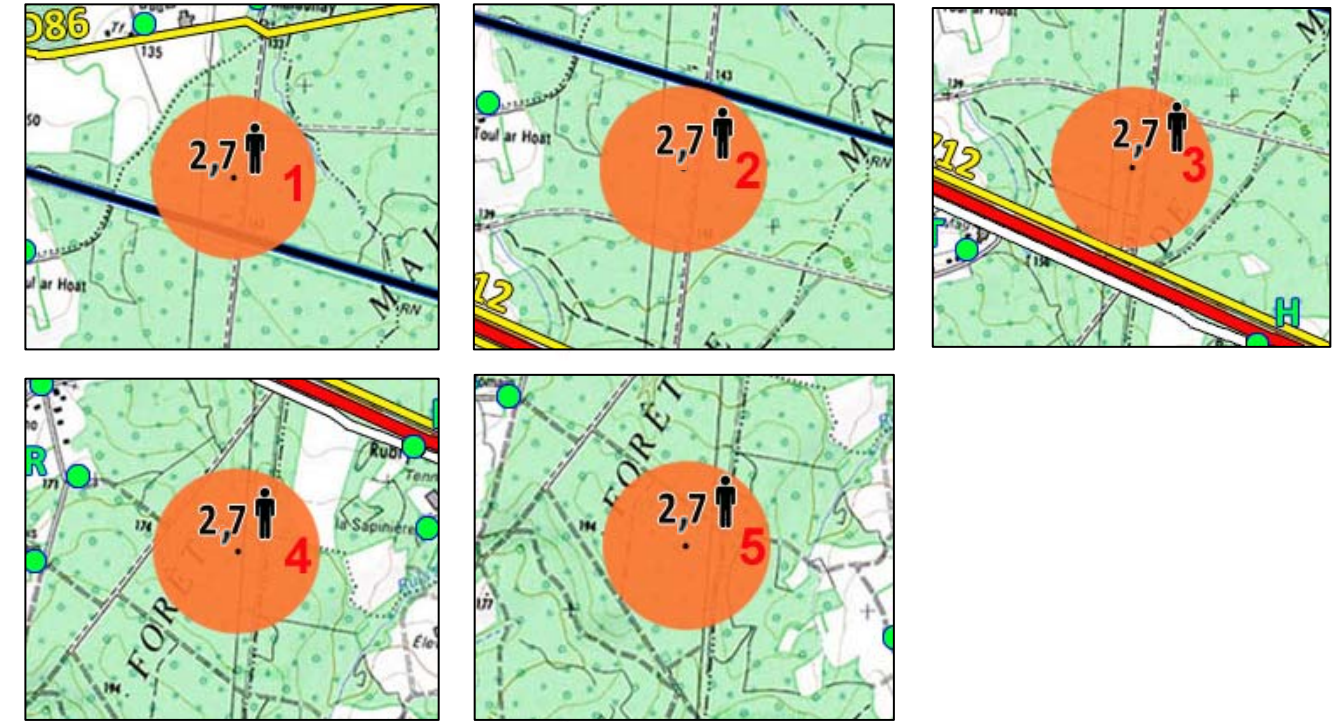
Légende

- Eolienne
- Exposition faible
- Exposition modérée
- Exposition forte
- Route nationale RN12
- Route départementale
- Voie ferrée
- Zones d'habitation les plus proches
- XXX Equivalent personnes permanentes

- Projection de pale ou de fragments de pale :



- Projection de glace :



- 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 E4 et E5, importante pour E1 et E2, catastrophique pour E3.



- 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 x (H+2R) soit 290 mètres environ autour de chaque éolienne.**
- 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 sérieuse.



IX. CONCLUSION

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

- l'effondrement d'une éolienne ;
- la chute d'éléments de l'éolienne ;
- la chute de glace ;
- la projection de pales 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 pour l'ensemble des éoliennes
<i>Chute d'élément de l'éolienne</i>	C	Sérieux pour l'ensemble des éoliennes
<i>Chute de glace</i>	A	modéré
<i>Projection de pale ou de fragments de pale</i>	D	Important pour les éoliennes E1 et E2
		Catastrophique pour l'éolienne E3
		Sérieux pour les éoliennes E4 et E5
<i>Projection de glace</i>	B	Sérieux pour l'ensemble des éoliennes

Par ailleurs, pour le calcul du nombre de personnes permanentes, nous nous plaçons une hypothèse majorante dans la mesure où :

- Nous considérons 1 personne par tranche de 10 ha au lieu de 1 personne par tranche de 100 ha pour les terrains de type forêt.
- Nous ne déduisons pas le nombre déjà calculé de personnes permanentes situées sur les autres types de terrains présents au de la même zone d'effet du phénomène étudié.

Ainsi le nombre de personnes permanentes et le degré de gravité sont surestimés pour chaque éolienne et ce dans chaque zone d'effet.

Enfin, concernant le scénario projection de pale, et plus particulièrement l'éolienne E3, le passage de gravité « catastrophique » à « désastreux » est peu probable car cela impliquerait un trafic de la RN 12 multiplié par 10, soit 300 000 véhicules par jour au lieu de 30 000 véhicules par jour actuellement.

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.

- 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 pales 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 Ploumagoar 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).

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.

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.

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 véhicules/jour sur une zone de 500 m = 0,4 × 0,5 × 20 000/100 = 40 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	

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.

Voies navigables

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

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.

Logements

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

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.

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.

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 pales 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 pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales 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 pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-

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 pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents 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 pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale 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 pale	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 Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)



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 pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		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 pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale 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)	-
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)



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
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 pales, 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	-



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).

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

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.

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.

Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas ou 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.

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, ...).

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 pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.
- Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

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.

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.

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

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.

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

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 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

Le risque individuel encouru par un nouvel arrivant dans la zone d’effet d’un phénomène de projection ou de chute est appréhendé en utilisant la probabilité de l’atteinte par l’élément chutant ou projeté de la zone fréquentée par le nouvel arrivant. Cette probabilité est appelée probabilité d’accident.

Cette probabilité d’accident est le produit de plusieurs probabilités :

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

P_{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 pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

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

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

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) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages »

Potentiel de danger (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger ») : Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) « danger(s) » ; dans le domaine des risques technologiques, un « potentiel de danger » correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.

Prévention : Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Protection : Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant.

Probabilité d'occurrence : Au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

Réduction du risque : Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :
 - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.
 - réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation

La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».

- Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

Scénario d'accident (majeur) : Enchaînement d'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 pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables



FEE : France 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 ingenieuresellschaft, 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 Gütisch : 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