



# PIECE N°2 - Etude de dangers



SOMMAIRE	
<b>SECTION 1 Introduction</b>	<b>3</b>
1.1 Contextes	3
1.2 Guide technique	3
<b>SECTION 2 Contexte réglementaire</b>	<b>4</b>
2.1 Application du régime des installations classées aux parcs éoliens	4
2.2 Réglementation relative à l'étude de dangers	4
2.3 Démarche générale de l'étude de dangers	5
<b>SECTION 3 ETUDE DE DANGERS</b>	<b>6</b>
3.1 Préambule	6
3.1.1 Objectifs de l'EDD	6
3.1.2 Contexte législatif et réglementaire	6
3.1.3 Nomenclature des installations classées	7
3.2 Information générale concernant l'installation	7
3.2.1 Renseignements administratifs	7
3.2.2 A propos d'Initiatives & Energies Locales :	7
3.2.3 Localisation du site	7
3.2.4 Définition de l'aire d'étude	8
3.3 Description de l'environnement de l'installation	8
3.3.1 Environnement humain	8
3.3.2 L'environnement naturel	15
3.3.3 Environnement matériel	18
3.3.4 Synthèse sur l'environnement de l'installation	20
3.4 Description de l'installation	22
3.4.1 Caractéristiques de l'installation	22
3.5 Identification des potentiels de dangers de l'installation	34
3.5.2 Analyse des retours d'expérience	35
3.5.3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	39
3.5.4 Limites de l'utilisation de l'accidentologie	39
3.6 Analyse préliminaire des risques	40
3.6.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques	40
3.6.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	40
3.6.3 Recensement des agressions externes potentielles	40
3.6.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	41
3.6.5 Effets dominos	42
3.6.6 Mise en place des mesures de sécurité	43
3.6.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	48
3.7 Etude détaillée des risques	48
3.7.1 Rappel des définitions	48
3.7.2 Caractérisation des scénarios retenus	50
3.7.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques	60
3.8 Demande d'Approbation du Projet d'Ouvrage de la ligne électrique souterraine (20 KV) et du poste de livraison au titre de l' Art R.323-40 du code de l'Energie	64
3.8.1 Notice explicative	64
3.8.2 Plans	75
3.9 Conclusion	77
Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	78
Terrains non bâtis	78
Voies de circulation	78
Voies de circulation automobiles	78
Voies ferroviaires	78
Voies navigables	78
Chemins et voies piétonnes	78
Logements	78
Etablissements recevant du public (ERP)	79
Zones d'activité	79
Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française	80
Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	84
Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)	84
Scénario G01	84
Scénario G02	84
Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)	84
Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)	85
Scénario F01	85
Scénario F02	85
Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)	85
Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)	85
Scénario P01	85
Scénario P02	85
Scénarios P03	86
Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)	86
Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel	86
Annexe 5 – Glossaire	87
Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées	88



## SECTION 1 Introduction

### 1.1 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 juin 2014, la puissance installée en France atteignait ainsi 8592 MW, permettant la production de 19,8 TWh (contre 9,7 TWh en 2010 et 11,9 TWh en 2011). Le taux de couverture de la consommation électrique par la production éolienne a donc atteint 3,8 % à la fin du premier semestre 2014.

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.

### 1.2 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.

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 appuyons alors sur ce guide technique pour réaliser l'étude dangers du site éolien de Plestan II.



## SECTION 2 Contexte réglementaire

### 2.1 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

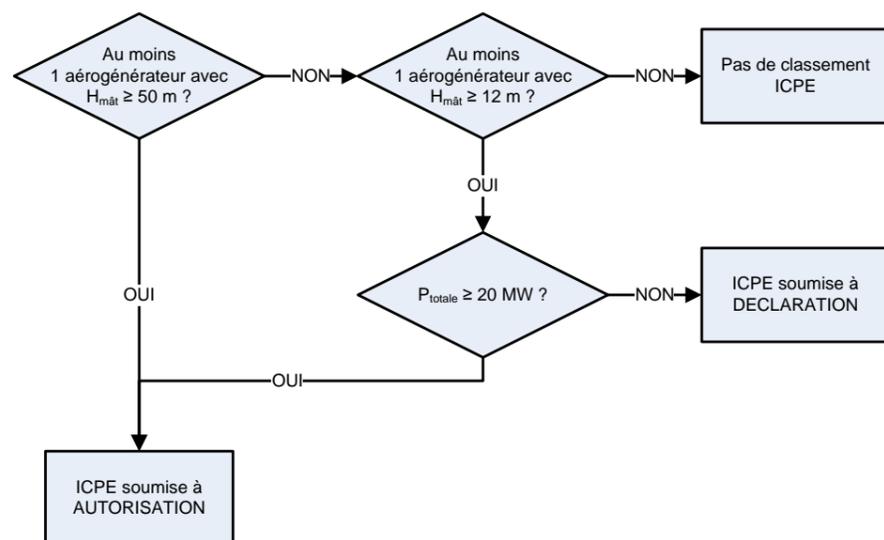


Figure 1: Régime des ICPE

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.

### 2.2 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. 515-8, 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

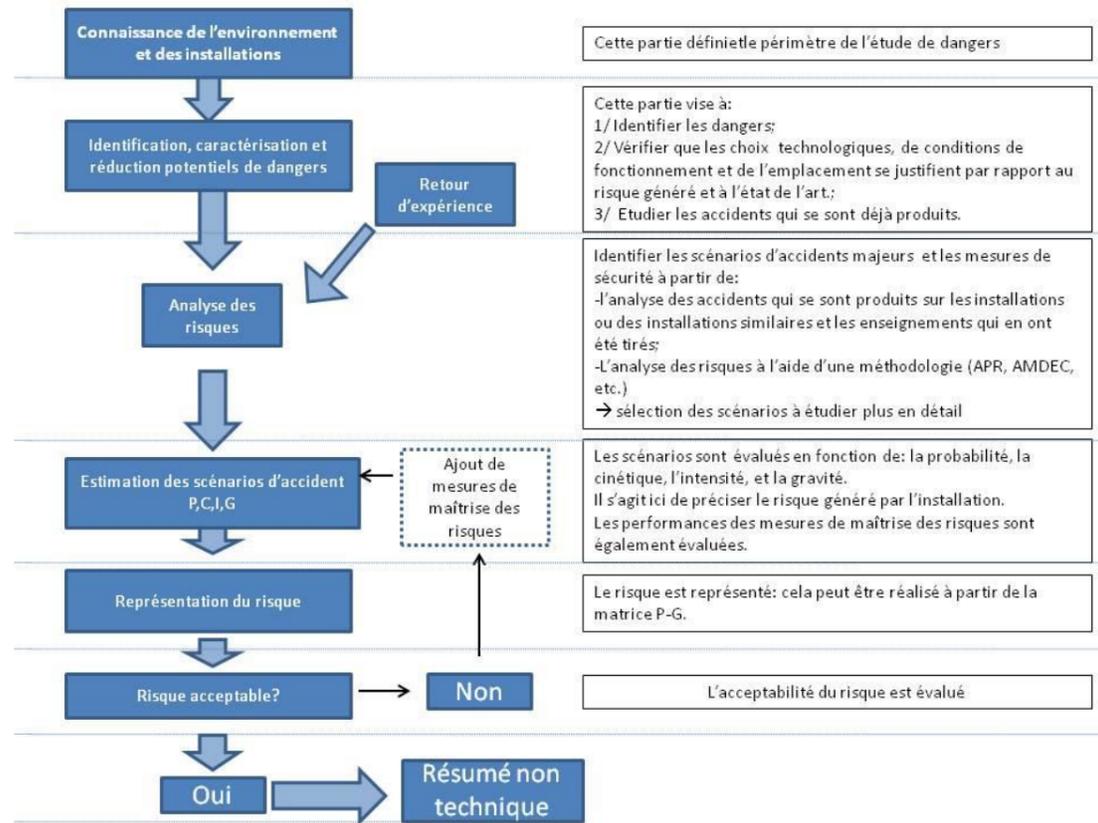
- Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement
- Arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant 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.

### 2.3 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 site éolien de Plestan II :

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



**Figure 2: Synthèse des différentes étapes et objectifs**

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.

## SECTION 3 ETUDE DE DANGERS

### 3.1 Préambule

#### 3.1.1 Objectifs de l'EDD

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par IEL Exploitation 20 pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Plestan II, 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 Plestan II. 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 Plestan II, 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.

#### 3.1.2 Contexte législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 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.

### 3.1.3 Nomenclature des installations classées

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

Figure 3: Nomenclature des installations classées

Le site éolien de Plestan II comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m, est soumis 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.

## 3.2 Information générale concernant l'installation

### 3.2.1 Renseignements administratifs

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

**IEL Exploitation 20**  
**SIRET : 502 641 913**  
**NAF : 3511Z - production d'électricité**  
**41 Ter Boulevard Carnot**  
**22000 Saint Brieuc**  
**Tél. : 02 30 96 02 21**  
**Fax : 02 96 01 99 69**

IEL Exploitation 20 est une filiale détenue par la société Initiatives & Énergies Locales (IEL).

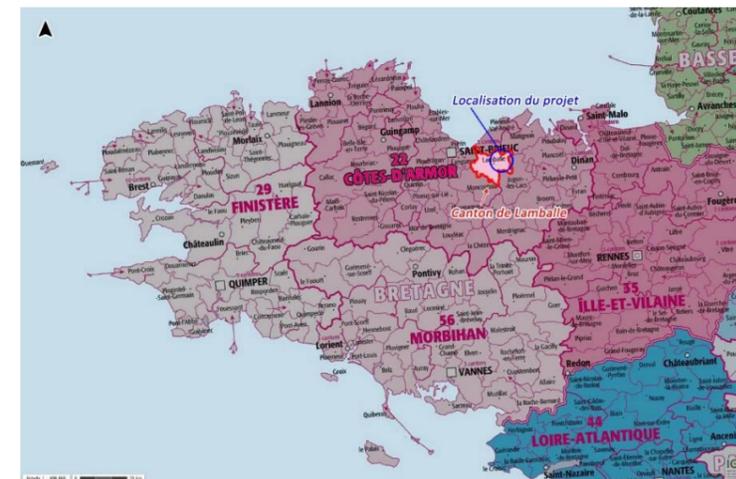
### 3.2.2 A propos d'Initiatives & Énergies Locales :

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 emploie 35 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 Etudes & 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. Les salariés d'IEL Exploitation sont formés à l'habilitation électrique en basse et haute tension de types B1/H1(V)-B2-BR-BE/HE (Essais, Mesure, Vérification)-BC-HC. Vous trouverez une présentation plus complète d'IEL dans la partie 1 de la demande d'autorisation ICPE.

### 3.2.3 Localisation du site

Le parc éolien de Plestan II, composé de 3 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Plestan, dans le département des Côtes d'Armor, en région Bretagne. La commune de Plestan est membre de la communauté de commune de Arguenon Hunaudaye.

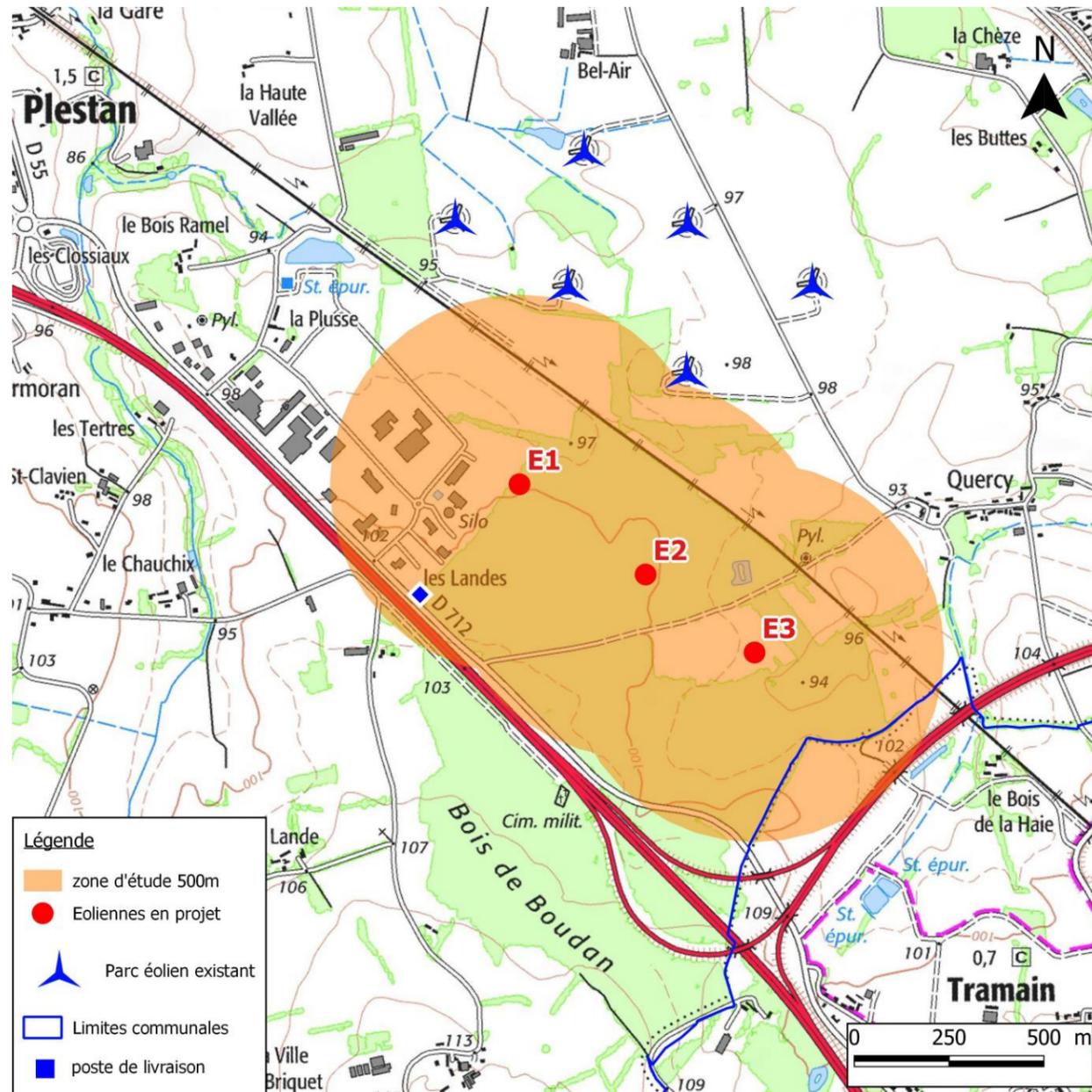


Carte 1: Localisation du projet en Bretagne



### 3.2.4 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. Le guide technique pour la réalisation d'une étude de dangers, a défini une zone d'étude correspondant à un rayon de 500 m autour des éoliennes.



Carte 2: Présentation du projet et de l'aire d'étude de l'EDD

### 3.3 Description de l'environnement de l'installation

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

#### 3.3.1 Environnement humain

##### 3.3.1.1 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. Nous avons pris en compte une moyenne de 3 personnes par habitations.

##### 3.3.1.1.1 La construction du lieudit « Les Landes »

La construction du lieudit « Les Landes » est située sur la parcelle 1607 de la section B et d'une superficie de 1 753 m<sup>2</sup>. Cette construction est située en bordure de la route départementale 712 et de la route nationale 12, à environ 800 m du parc éolien de Plestan mis en service en 2006. Elle est implantée en zone A du PLU de Plestan. Le zonage A est dédié aux occupations agricoles, aux constructions d'intérêt collectif. Ce zonage n'est donc pas une zone à urbaniser.

Par ailleurs cette construction fait l'objet d'une promesse synallagmatique de vente entre les propriétaires et le groupe IEL. IEL s'engage alors à ne pas habiter et ne pas louer cette construction, faisant de ce bâtiment une construction **sans usage d'habitation**. **Le document de promesse de vente est disponible dans la partie 4, pièce 2 en section 10 Annexes de la présente demande d'autorisation.**

Cette acquisitions a deux objectifs :

- Augmenter la distance entre le parc éolien et les habitations les plus proches ;
- Implanter les équipements techniques tels que le poste de livraison au plus près du réseau public d'électricité ;

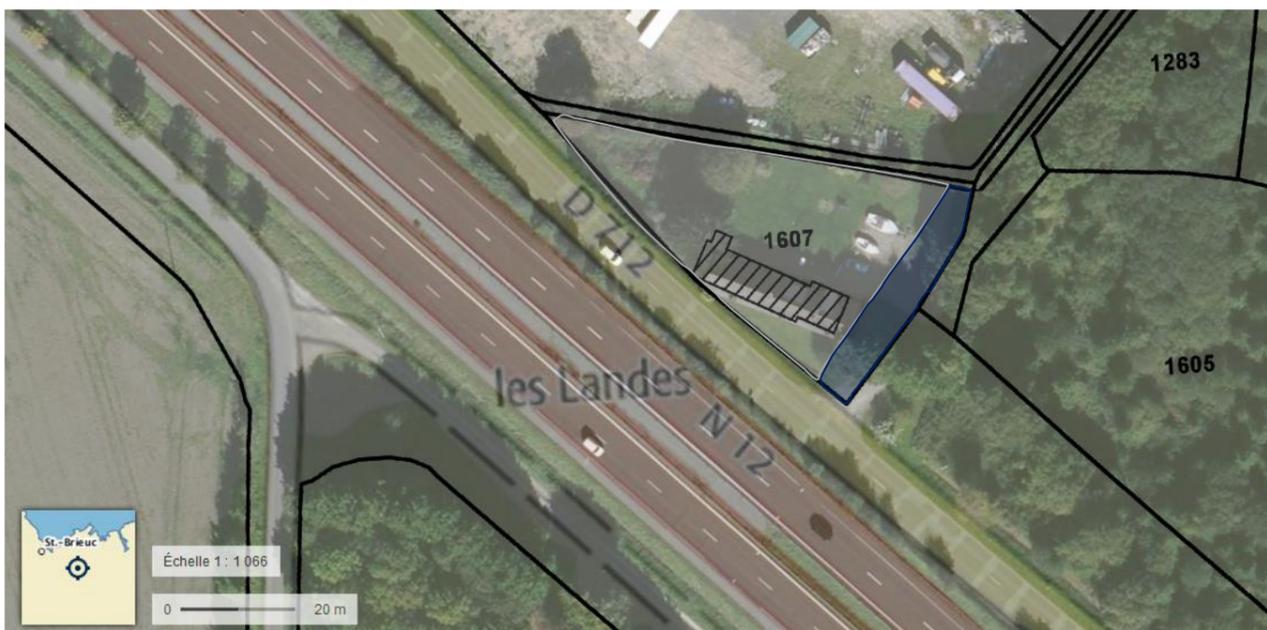
**La maison située en bordure de la ZA et la RN 12 fait l'objet d'une promesse synallagmatique de vente entre les propriétaires et le groupe IEL. A terme, ce bâtiment ne sera plus habité, ni loué. Dans la présente étude, ce bâtiment n'est donc pas considéré comme une habitation.**



Carte 3: Localisation de parcelle 1607 et de l'immeuble

Ainsi, la construction sise Les Landes, n'est pas considérée comme une habitation dans le présent dossier. La régularisation sous acte authentique de l'acquisition de l'immeuble sera réalisée dès l'obtention des autorisations administratives. Ainsi la société IEL Exploitation 20, sera propriétaire de l'immeuble. Cet immeuble sera ensuite cédé à la Communauté de Communes pour 1€ symbolique. Cela permettra de reconsidérer cette dent creuse dans la ZA de Penthièvre. L'immeuble présent sur la parcelle pourra être transformé en bureaux tertiaires, si le changement de destination est autorisé dans le document d'urbanisme. A l'inverse, l'immeuble sera démoli. Dans tous les cas, cette parcelle n'accueillera aucun bâtiment destiné à l'habitation. Un courrier signé par le Président de la collectivité Lamballe Terre & Mer, qui reprend ces engagements, est disponible en section 10 Annexes.

A noter, que la partie bleue sera conservé par IEL pour la mise en place du poste de livraison.



Carte 4: Localisation de la future découpe cadastrale

### 3.3.1.1.2 Distance aux habitations les plus proches

Dans le cadre de notre projet, toutes les habitations sont situées à plus de 550 mètres des éoliennes.

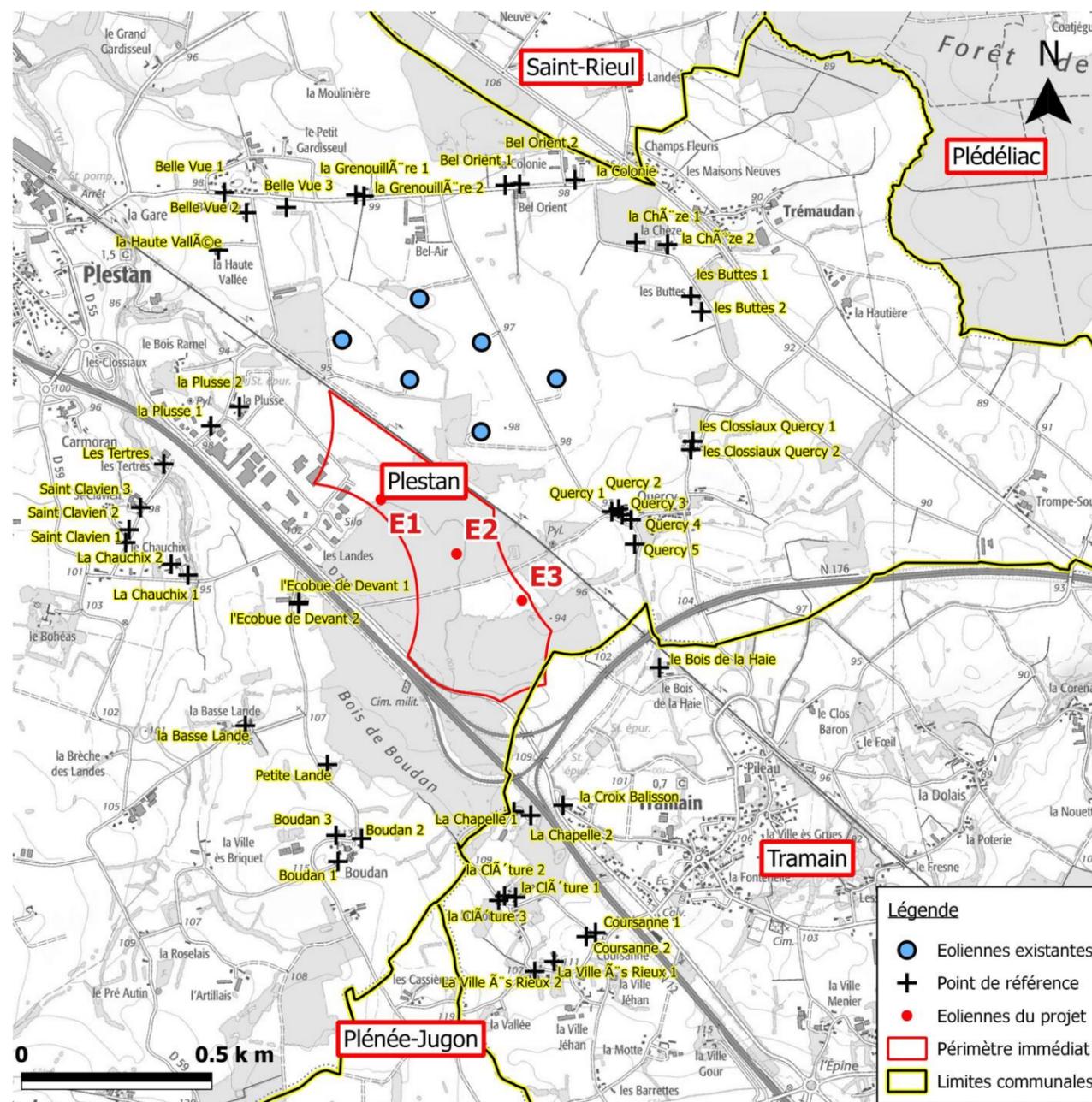
Nom du hameau de l'habitation	Nbr Habitants	Distance à E1 (m)	Distance à E2 (m)	Distance à E3 (m)
Bel Orient 1	3	1485	1620	1825
Bel Orient 2	3	1500	1630	1825
Belle Vue 1	72	1505	1850	2205
Belle Vue 2	9	1390	1735	2090
Belle Vue 3	6	1345	1670	2010
Boudan 1	15	1595	1450	1400
Boudan 2	3	1 485	1 325	1 260
Boudan 3	3	1485	1 350	1315
Coursanne 1	9	2130	1795	1495
Coursanne 2	3	2120	1795	1500
la Basse Lande	15	1135	1175	1330
La Chapelle 1	3	1490	1185	930
La Chapelle 2	3	1540	1225	950
La Chauchix 1	3	915	1165	1470
La Chauchix 2	6	965	1230	1550
la Chèze 1	3	1595	1575	1645
la Chèze 2	6	1680	1640	1685
la Clôture 1	3	1 845	1 550	1300
la Clôture 2	3	1 825	1 540	1 300
la Clôture 3	3	1 795	1 535	1 325
la Colonie	9	1640	1715	1860
la Croix Balisson	39	1565	1225	920
la Grenouillère 1	3	1340	1615	1925
la Grenouillère 2	3	1340	1605	1910
la Haute Vallée	3	1300	1660	2030
la Plusse 1	3	815	1185	1565
la Plusse 2	3	745	1125	1505
La Ville ès Rieux 1	3	2 170	1 860	1 590
La Ville ès Rieux 2	6	2 185	1 890	1 635



# PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

Nom du hameau de l'habitation	Nbr Habitants	Distance à E1 (m)	Distance à E2 (m)	Distance à E3 (m)
le Bois de la Haie	3	1440	1060	685
l'Ecobue de Devant 1	3	590	695	975
l'Ecobue de Devant 2	3	585	695	975
les Buttes 1	3	1 630	1 535	1 525
les Buttes 2	3	1 615	1 520	1 490
les Clossiaux Quercy 1	3	1 360	1 145	1 010
les Clossiaux Quercy 2	3	1 395	1 160	1025
Les Tertres	3	970	1315	1685
Petite Lande	3	1190	1 090	1120
Quercy 1	3	1015	725	550
Quercy 2	3	1 045	755	580
Quercy 3	3	1 060	760	575
Quercy 4	3	1 100	800	590
Quercy 5	3	1 130	800	550
Saint Clavien 1	3	1135	1430	1760
Saint Clavien 2	6	1110	1420	1755
Saint Clavien 3	3	1055	1375	1725

Tableau 1: Les habitations les plus proches



Carte 5: Zone d'étude et hameaux les plus proches

Les hameaux les plus proches d'une éolienne sont situés à 550 mètres, donc au-delà de la règle des 500 mètres de la loi Grenelle II.



### 3.3.1.1.3 Distance aux zones urbanisables les plus proches

Pour évaluer la distance aux zones destinées à l’habitation, nous avons consulté les documents d’urbanisme en vigueur de la commune de Plestan ainsi que des communes situées aux alentours du projet. Il s’agit ici de la commune de Tramain.

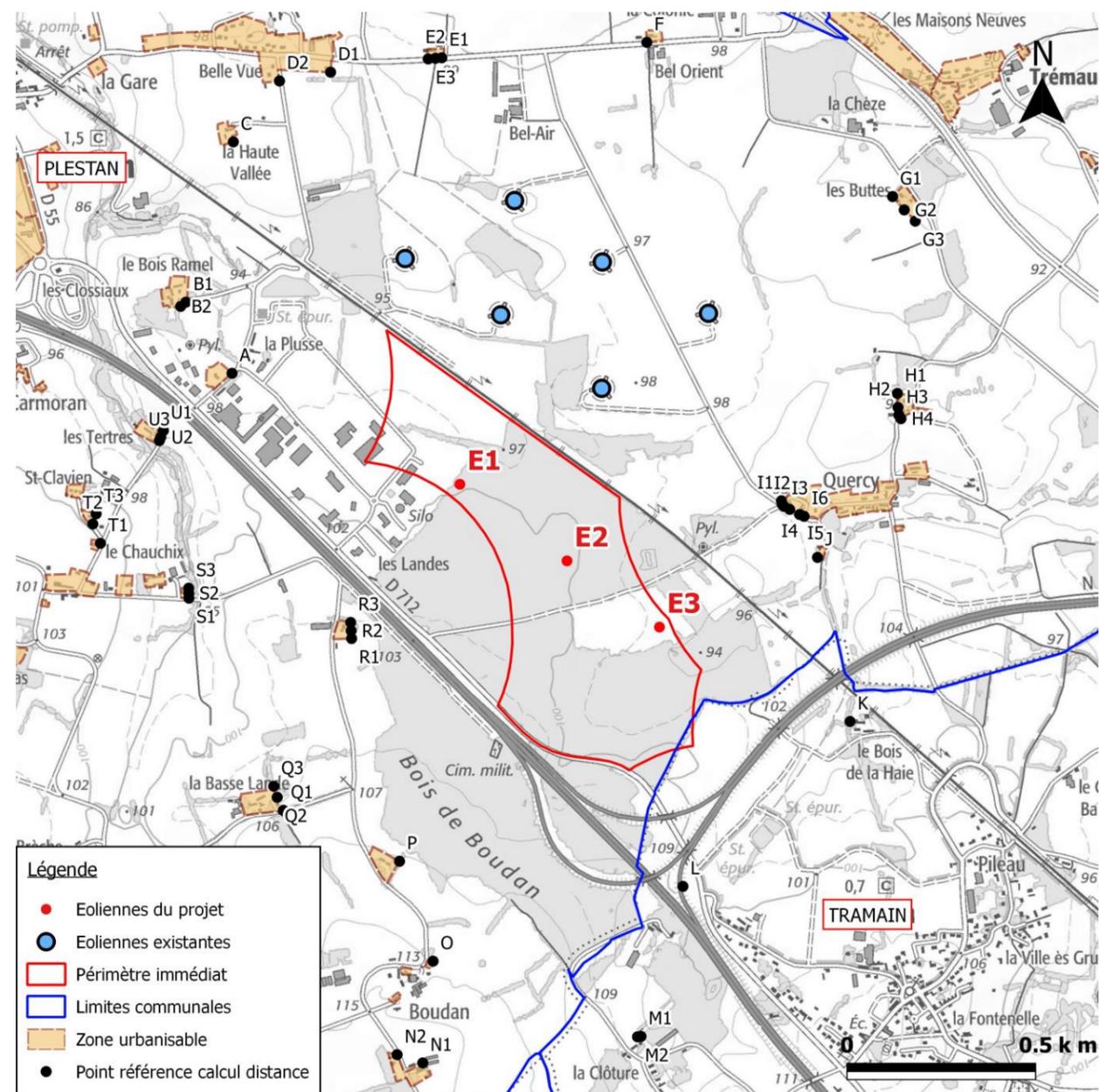
- La commune de Plestan a disposé d’un Plan d’Occupation des Sols depuis 1986, puis d’un Plan Local d’Urbanisme (PLU) approuvé le 1er juillet 2004, puis modifié le 9 mai 2005, le 1er juillet 2010, modifié en simplifié le 8 mars 2010, le 19 juillet 2012, le 16 février 2013, le 10 septembre 2015, le 25 janvier 2016, le 21 novembre 2016, puis approbation d’une déclaration de projet en 21 novembre 2016.
- La commune de Tramain dispose d’un Plan Local d’Urbanisme approuvé en date du 6 juin 2003, puis modifié et révisé en avril 2009.

La carte qui suit présente les zones destinées à l’habitation sur les communes de Plestan et de Tramain, associées aux distances aux éoliennes du parc de Plestan II.

Point de référence	Commune	E1	E2	E3
A	Plestan	790	1,170	1,550
B	Plestan	1,030	1,405	1,790
C	Plestan	1,275	1,635	2,010
D	Plestan	1,340	1,660	2,005
E	Plestan	1,320	1,585	1,890
F	Plestan	1,470	1,600	1,810
G	Plestan	1,630	1,510	1,480
H	Plestan	1,360	1,125	975
I	Plestan	1,000	705	530
J	Plestan	1,025	795	530
K	Tramain	1,420	1,040	655
L	Tramain	1,425	1,100	810
M	Tramain	1,805	1,515	1,275
N	Plestan	1,800	1,635	1,550
O	Plestan	1,485	1,325	1,265
P	Plestan	1,195	1,080	1,100
Q	Plestan	1,155	1,170	1,310
R	Plestan	550	700	970
S	Plestan	920	1,160	1,470
T	Plestan	1,140	1,430	1,760
U	Plestan	940	1,290	1,660

Tableau 2: Distance des éoliennes du projet de consolidation aux plus proches zones destinées à l’habitation

La carte IGN qui suit localise les zones destinées à l’habitation les plus proches autour de la zone d’étude immédiate.



Carte 6 : Localisation des zones destinées à l’habitation les plus proches des éoliennes

La zone destinée à l’habitation la plus proche d’une éolienne est la zone J correspondant au sud de Quercy à Plestan. La loi Grenelle II et la règle des 500 m sont respectées.



### 3.3.1.2 Etablissements 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.**

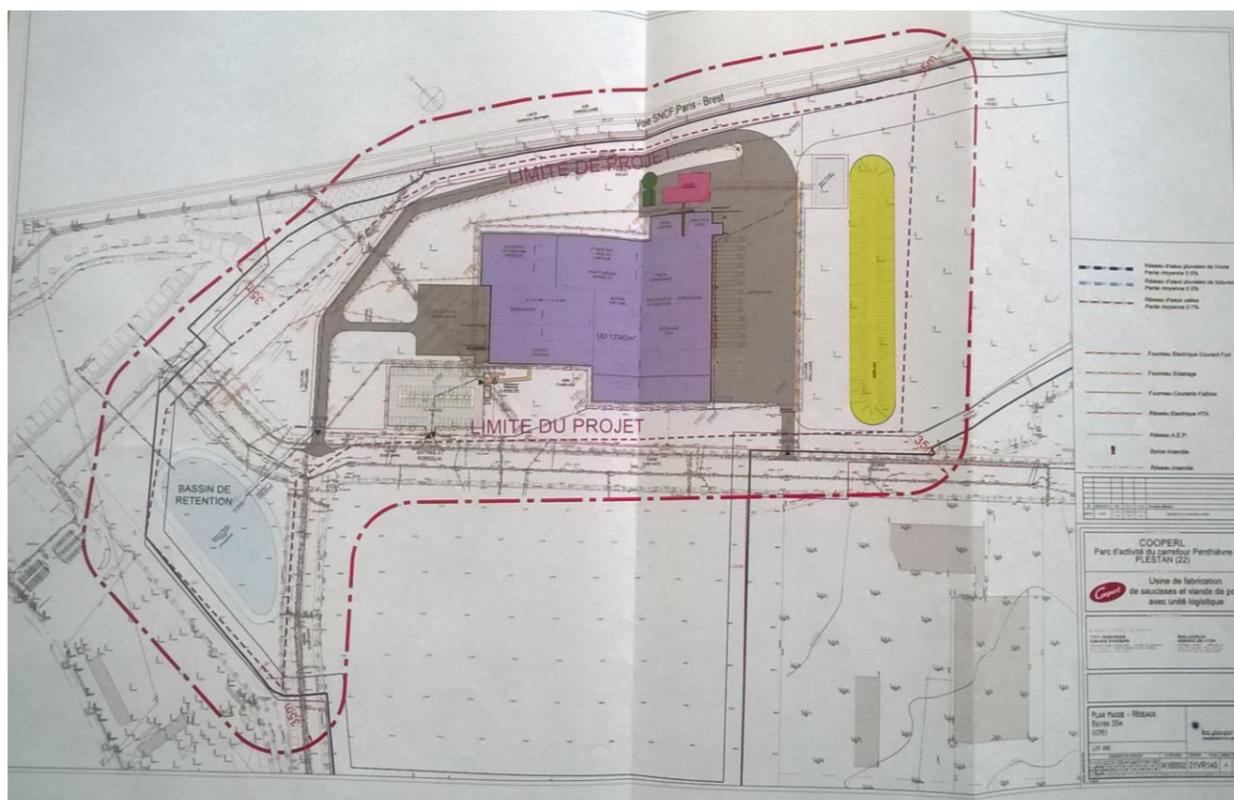
**Aucun ERP ne se situe dans le périmètre de l'EDD, soit 500m autour des éoliennes**

### 3.3.1.3 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ICPE

Afin de recenser ces installations, nous avons consulté le site internet <http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr> recensant toutes les ICPE par commune. Nous avons recensé dans un rayon de 500m autour des éoliennes de Plestan II

- Le site éolien de Plestan mis en service en 2006
- La société Coastarmoricain Enrobés dont l'activité est la fabrication d'enrobés.

Il faut aussi ajouter le projet de la Cooperl, qui est une ICPE sous régime déclaratif.



Carte 7 : Extrait du plan de masse du projet de la Cooperl

**Trois installation classées pour la protection de l'environnement sont situées dans un rayon de 500 mètres autour des éoliennes de Plestan II.**

### 3.3.1.4 Risques naturels et technologiques majeurs

L'installation SEVESO la plus proche du projet est située à plus de 25 km du projet, il s'agit de la Société Pétrolière des dépôts (stockage d'hydrocarbures) situé sur la commune de Ploufragan (PPRT approuvé par arrêté préfectoral le 10 Novembre 2010). Il s'agit d'un site SEVESO seuil Haut.

Concernant les risques naturels, le site du projet est concerné par :

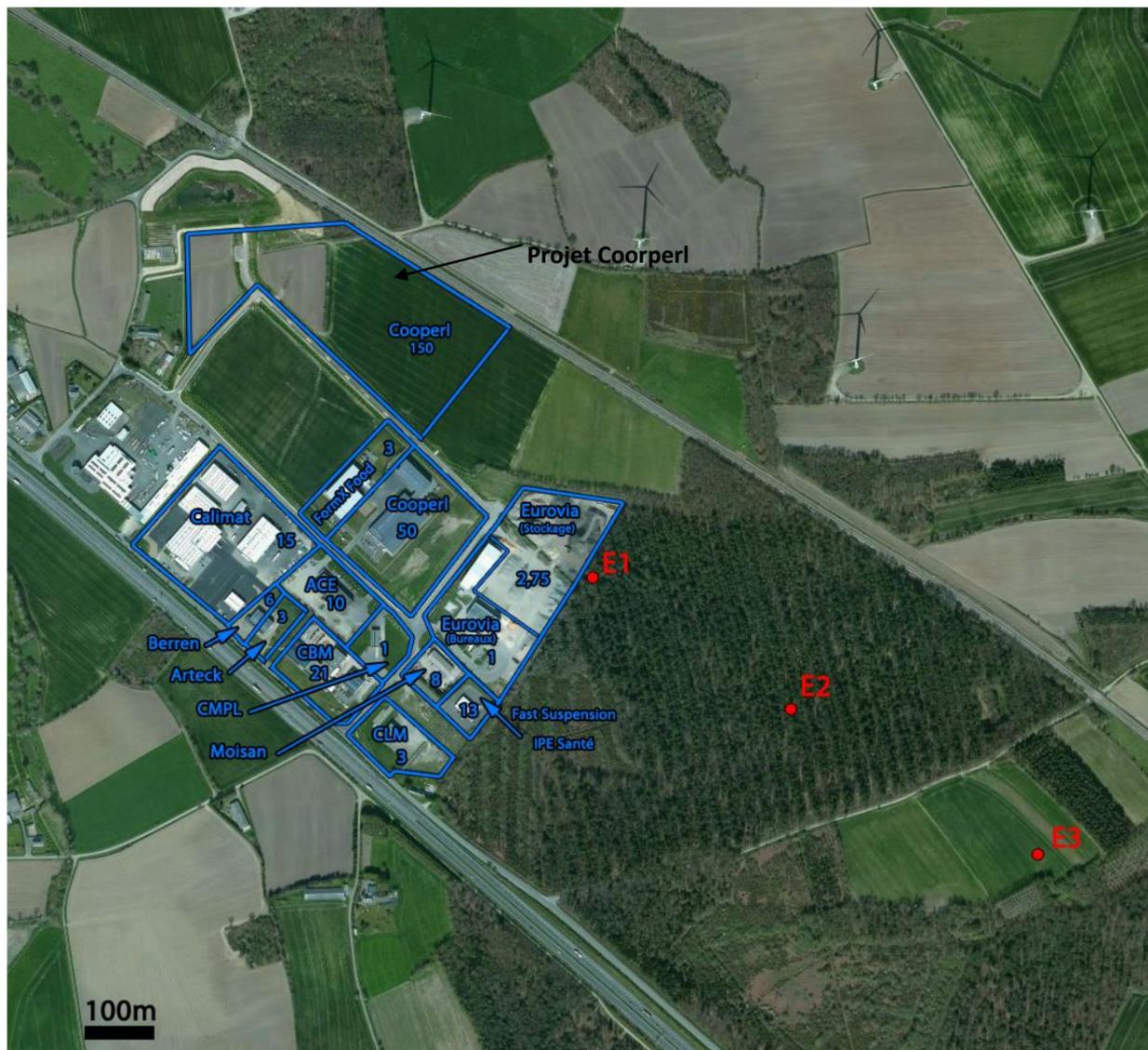
- un aléa sismique : la zone est sismiquement stable
- Aucun aléa Inondation : la commune de Plestan est concernée par le risque d'inondation de plaine, un Plan de Prévention du Risque Inondation a été prescrit le 22 Décembre 2010 et modifié le 6 Juillet 2011 par la préfecture des Côtes d'Armor, mais la zone du projet est située en dehors de la zone du PPRI, à plus de 4 km.
- aléa mouvements de terrain : la commune n'est pas concernée par cet aléa.
- aléa gonflement d'argile : faible ou a priori nul
- Aucune cavité n'est recensée sur la commune de Plestan. Le site éolien n'est donc pas concerné par le risque d'affaissement ou d'effondrement de cavité

### 3.3.1.5 Autres activités

Le parc d'activité du Carrefour du Penthièvre est une zone située à la convergence routière entre la RN 176 qui relie Saint Briec à Dinan, au Pays de Saint Malo et à la Normandie, et la RN 12 qui relie Saint Briec à Rennes et Paris d'un côté, et Brest de l'autre.

C'est un parc d'activité de 50 hectares situé à l'ouest du parc éolien de Plestan II. Plusieurs entreprises y implantées : Fast Suspension, IP Santé Domicile, Moisan, Costarmoricaine enrobés, la TCDP, la CLM, le CBM, les établissements Berren ou encore Formix. Ces entreprises sont spécialisées dans le secteur de l'agroalimentaire, du bâtiment (charpentier, travaux publics), du service (vétérinaire, contrôle poids lourds). Ce ne sont pas des ERP. Par ailleurs, la Cooperl a obtenu un permis de construire pour y implanter un bâtiment pour la préparation de commandes agroalimentaires ; nous avons tenu de ce projet dans la présente étude.

Pour connaître le nombre d'emplois de chaque entreprise, nous avons contacté la Communauté de communes en charge du développement économique sur le territoire. A noter que plusieurs entreprises sont issues du secteur du bâtiment, ainsi certains employés sont sur des chantiers, donc travaillent en dehors de la zone d'activité.



Carte 8 : Localisation des entreprises et du nombre de salarié

### 3.3.1.6 Méthodologie de comptage

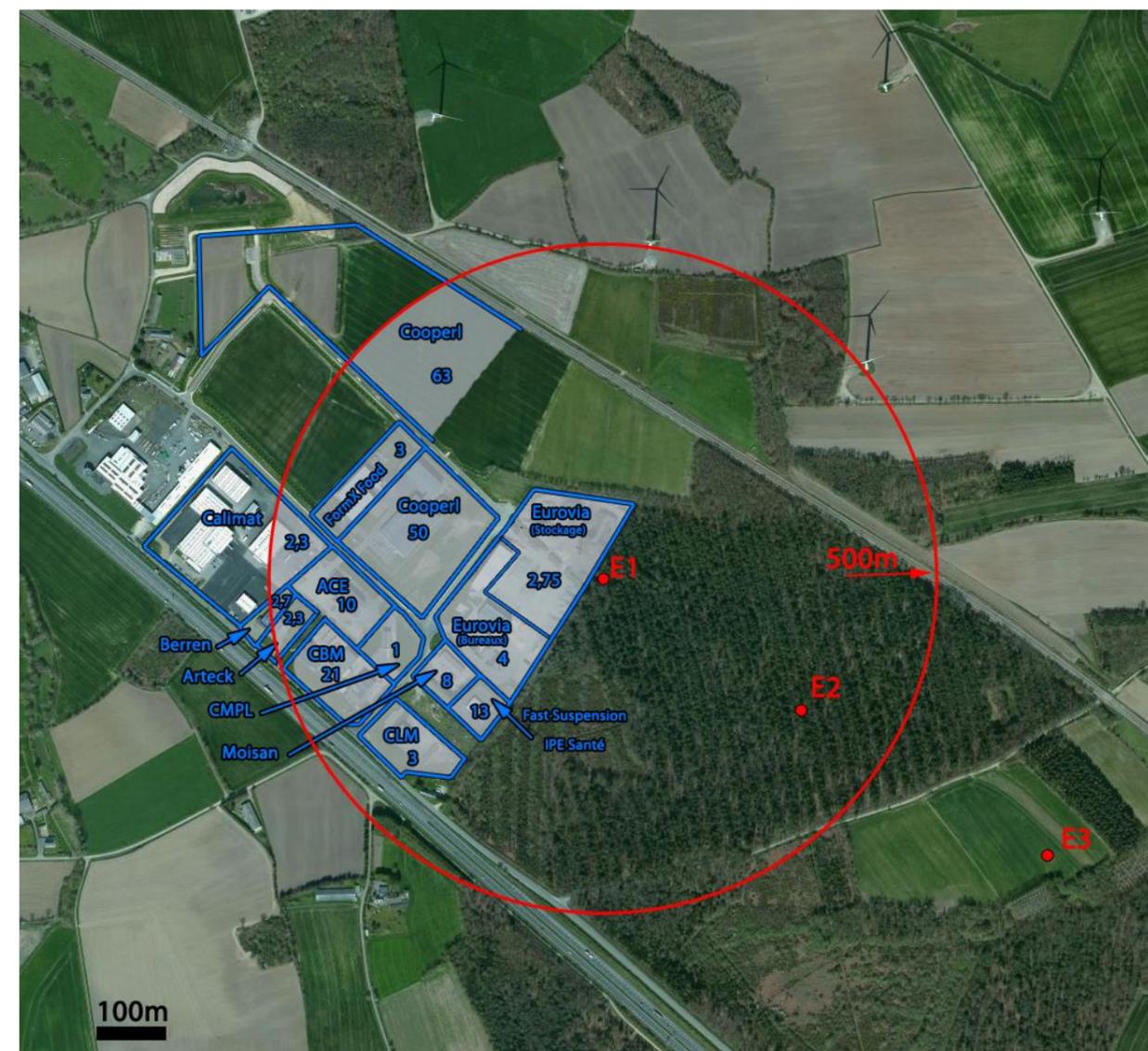
La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur préconisée par la trame type de l'étude de dangers est présentée en annexe 1 de ce présent document. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers :

- Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts), le nombre de personnes permanentes exposées est de 1 personne pour 100 ha.
- Les routes communales non structurantes c'est-à-dire où la circulation journalière est inférieure à 2 000 véhicules, sont considérées comme des terrains non aménagés et peu fréquentés. Le nombre de personnes permanentes exposées est de 1 personne pour 10 ha. Cela concerne les chemins communaux desservant la zone d'activité, les parcelles agricoles. Par ailleurs nous prendrons la valeur de 5m de large pour ces voies afin de calculer leur surface concernée par les différents aléas.

Les routes structurantes telles que les routes nationales ou départementales, on compte 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules par jour. D'après le Conseil

Départemental des Côtes d'Armor en charge des routes départementales, le trafic moyen journalier sur la RD712 entre Plestan (échangeur de Carmoran) et Tramain (intersection D105) est de 1009 véhicules par jour. Nous retenons donc le chiffre de 1009 véhicules. Quant à la RN 176, d'après le site geobretagne<sup>1</sup>, le nombre de véhicule/jour est de 24674 que nous arrondissons à 25000. Toujours d'après le site geobretagne, le nombre de véhicule/jour sur la RN 12 est de 40282 que nous arrondissons à 50000.

- Pour la voie ferrée, on compte un train équivalent à 100 véhicules, soit 0,4 personne par kilomètre et par train. D'après le pôle de Rennes de la SNCF, le trafic varie de 50 à 60 trains par jour. Nous retenons la fourchette haute soit 60 trains par jour.
- Pour la zone artisanale, on considère le nombre d'employés y compris les employés travaillant sur des chantiers au prorata de la surface de chaque zone d'effet des scénarios étudiés. Par ailleurs, une zone de stockage est présente ; dans ce cas, nous considérons, comme l'indique le guide de l'étude de dangers, une personne permanente pour 10 ha.



Carte 9 : Nombre de personnes permanentes dans un rayon de 500 mètres autour de l'éolienne E1

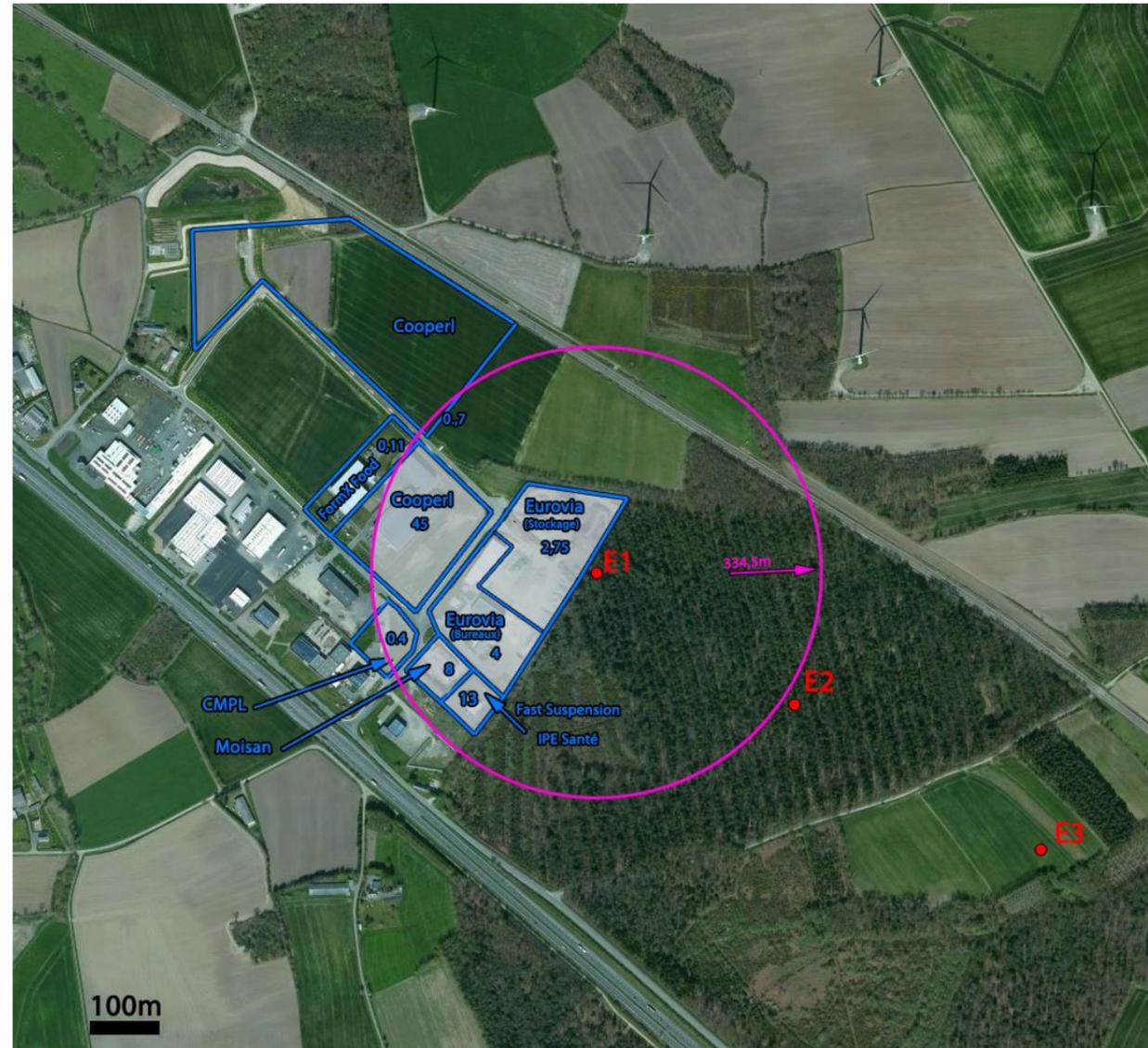
<sup>1</sup> <https://geobretagne.fr/mapfishapp/map/1e51f513234a8200446cd7c1dd1bceaa>



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

Il faut aussi noter que l'étude de danger distingue les personnes protégées (par un véhicule ou un bureau) des personnes non protégées. Ainsi pour le dénombrement, des personnes permanentes exposées pour les scénarios de projet de glace ou de chute de glace, le guide technique nous indique de tenir compte uniquement des personnes non protégées. Pour ces deux scénarios, nous avons tenu compte de la présence de chaque employé à l'extérieure de leurs bureaux ou voitures, à raison de 1 heure par jour, sur 365 jours.

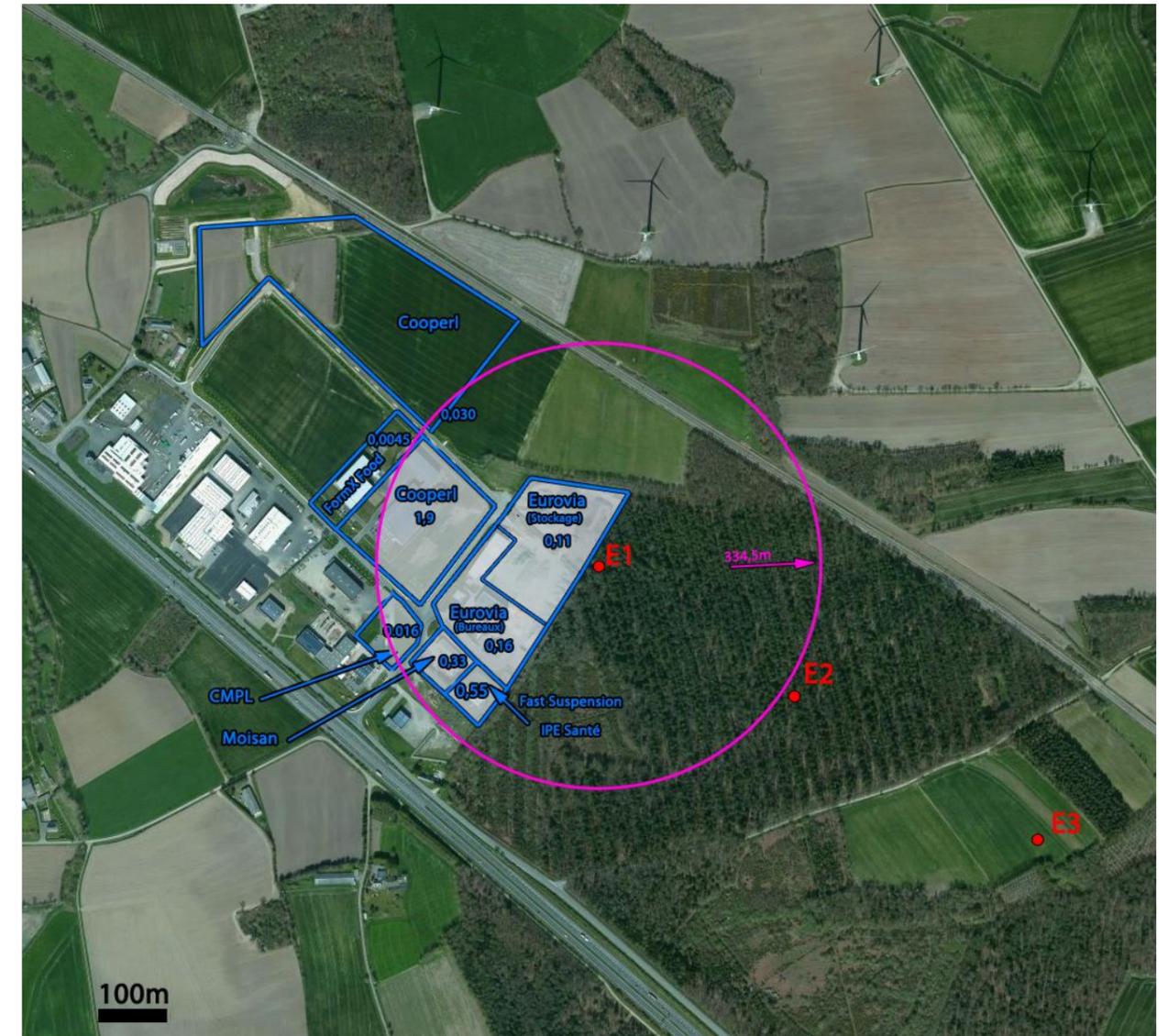
Vous trouverez ci-dessous le calcul du nombre de personnes permanentes pour le scénario « **projection de glace** » dont le rayon d'effet est de **334m**. Dans ce périmètre, nous avons comptabilisé le nombre de salarié de chaque entreprise au prorata de la surface de la zone d'effet impactant l'assiette du terrain de chaque entreprise. Ainsi on comptabilise 0.4 salarié pour la société CMPL, 45 pour la société Cooperl, 0.11 pour la société Formix Food,...



Carte 10 : Nombre de salariés dans un périmètre de 334.5 m autour de l'éolienne E1

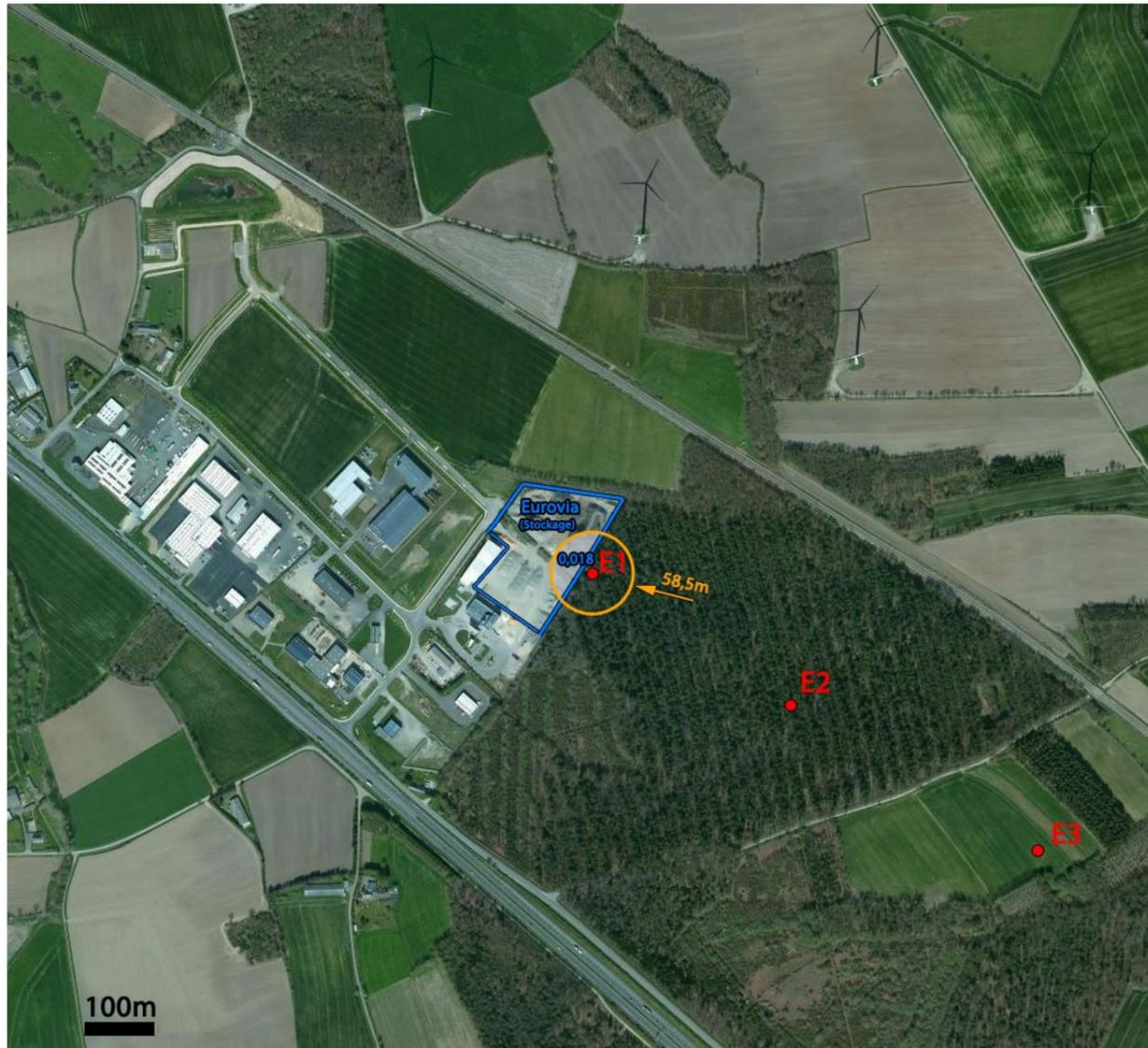
Puis pour chacun de ces salariés, nous calculons leur présence en équivalent personne permanent à l'extérieur des bureaux et des bâtiments :

- Pour la société CMPL, cela donne,  $(0.4 \times 1 \text{ heure} \times 365 \text{ jours}) / 8760 \text{ heures} = 0.016$  équivalent personne permanent
- Pour la société Cooperl, cela donne,  $(45 \times 1 \text{ heure} \times 365 \text{ jours}) / 8760 \text{ heures} = 1.875$  (arrondi à 1.9) équivalent personne permanent
- Pour la société Formix Food, cela donne,  $(0.11 \times 1 \text{ heure} \times 365 \text{ jours}) / 8760 \text{ heures} = 0.0045$  équivalent personne permanent
- Etc...



Carte 11 : Nombre de personnes permanentes dans le cadre du scénario projection de glace

Ci-après, vous trouverez le nombre de personnes permanentes dans le cadre du scénario de chute de glace.



Carte 12 : Nombre de personnes permanentes dans le cas du scénario chute de glace

### 3.3.1.7 Conclusion

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

- Les hameaux les plus proches d'une éolienne sont situés à 550 mètres
- La distance la plus courte entre les éoliennes et une zone destinée à l'habitation est de 530 m et concerne le hameau de « Quercy » à Plestan
- Aucun ERP ne se situe dans le périmètre de l'étude de dangers

**Conformément à l'article 3 de l'arrêté du 26 août 2011, les éoliennes seront 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.

## 3.3.2 L'environnement naturel

### 3.3.2.1 Le contexte climatique

- Le climat de la région Bretagne

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 que l'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 hyper-océaniques 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 des Côtes d'Armor

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 km<sup>2</sup>. 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 Pedervec, 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 Briec 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.

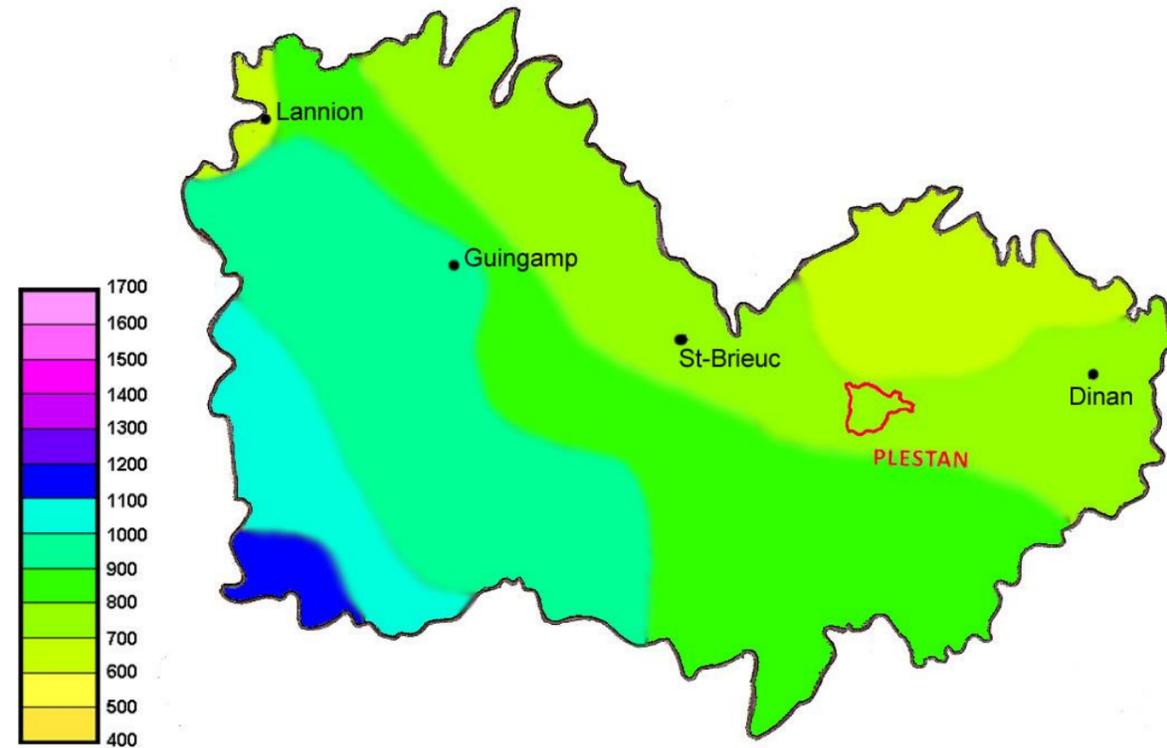


Figure 4 : carte des précipitations en Côtes d'Armor

Source : <http://www.meteouest.com>

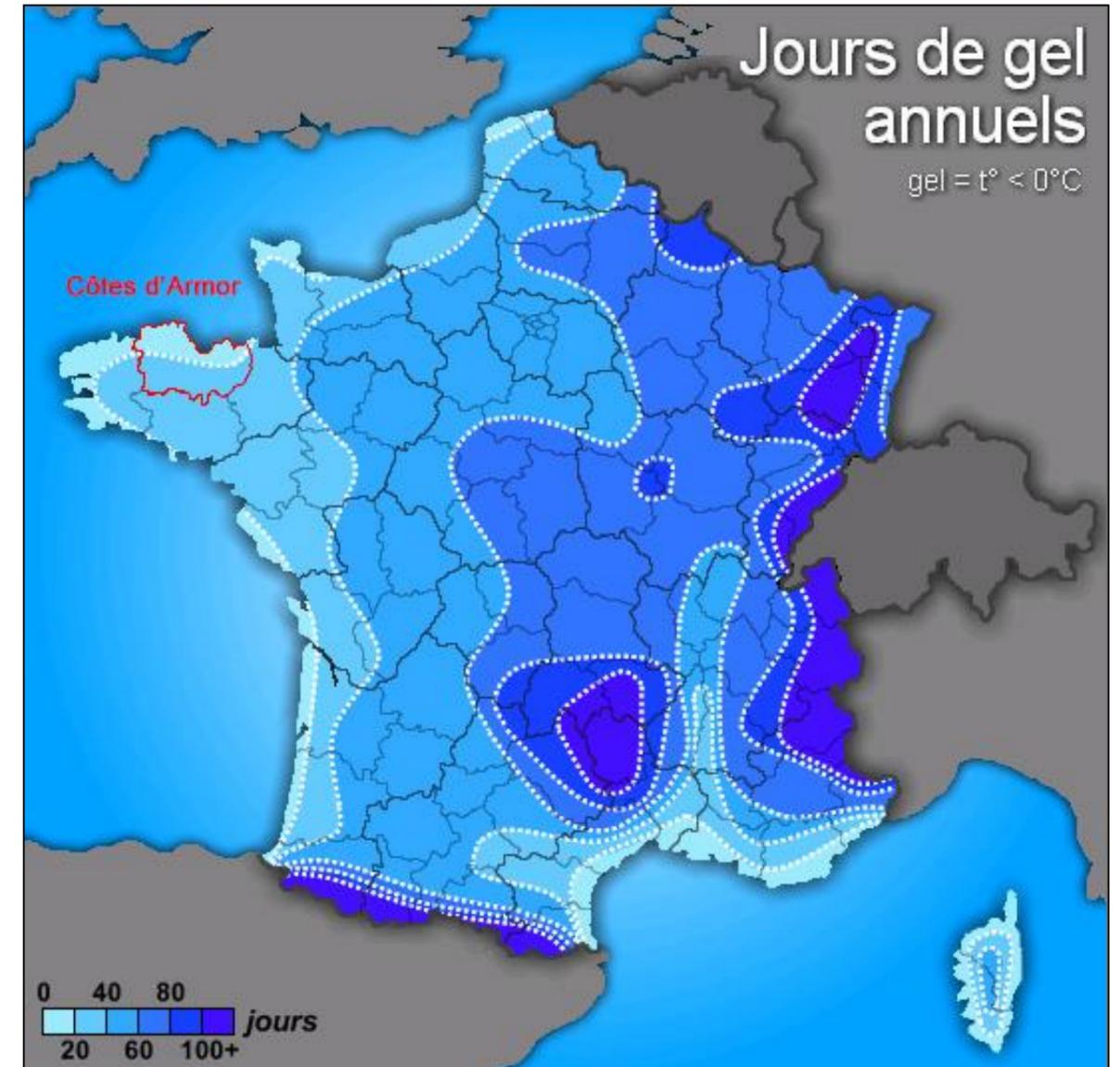
Les données suivantes montrent des écarts de températures relativement faibles entre les différents mois de l'année, ainsi que des précipitations relativement importantes en février, de même qu'en novembre.

▪ 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 Briec - Ploufragan la température est de 2° C en moyenne sur la période janvier - février.



Carte 13: Jours de gel Moyen en France

Source : [Meteo-Expres.com](http://Meteo-Expres.com)

On parle de gelée dès que la température descend en-dessous des 0°. La carte ci-dessus reprend les moyennes annuelles de jours de gel par an en France métropolitaine. Cette période s'étire généralement du 1<sup>er</sup> Novembre au 15 Avril. Cette carte nous indique une moyenne entre 0 et 20 jours de gel par an sur la commune de Plestan.

▪ Les températures maximales :

À Saint-Briec - Ploufragan, les moyennes atteignent environ 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.

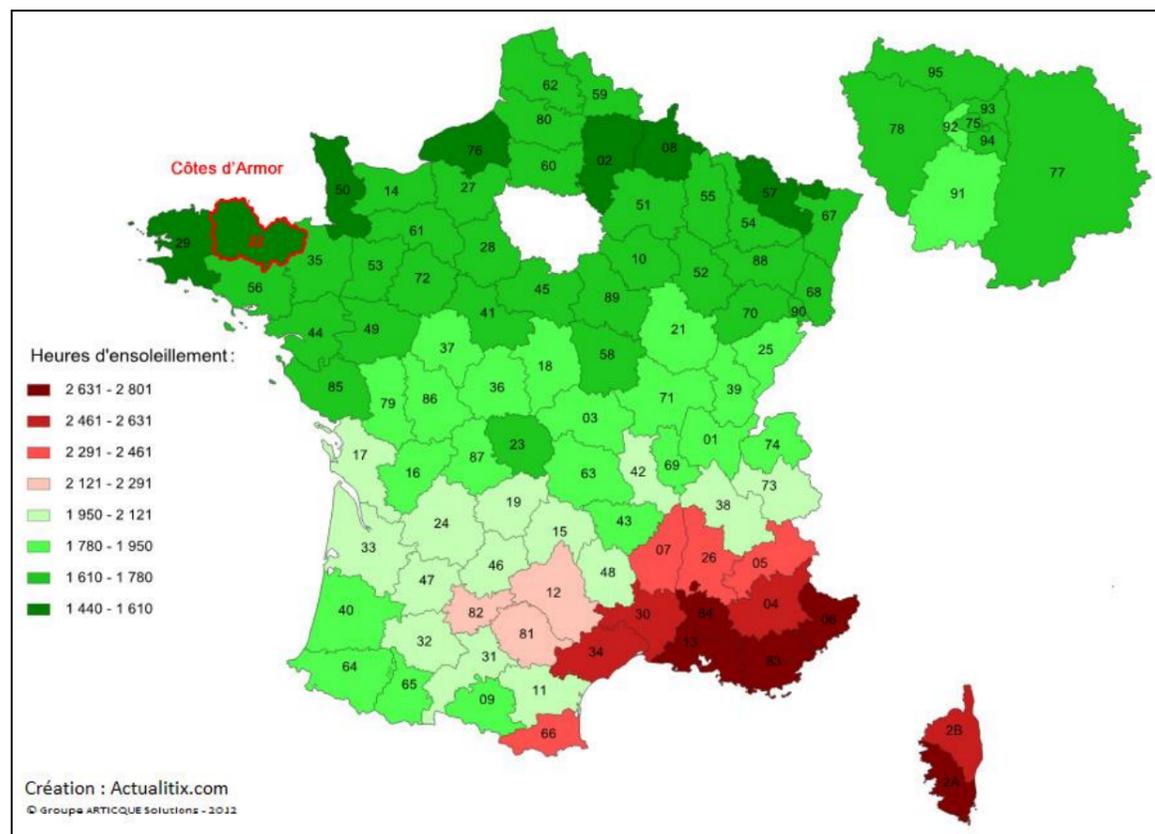


# PARTIE 5 – PICE N°2 ETUDE DE DANGERS

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 Briec

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



Carte 14: Carte de France de l'ensoleillement moyen

Source : actualitix.com via Météo France – Données 2011

Cette carte présente les différents ensoleillements par département. Dans le cas du département des Côtes d'Armor, l'ensoleillement moyen varie de 1440 à 1610 heures par an. Le département se trouve parmi les moins ensoleillés en France.

- L'activité orageuse :

L'activité orageuse d'une région est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours où l'on entend gronder le tonnerre.

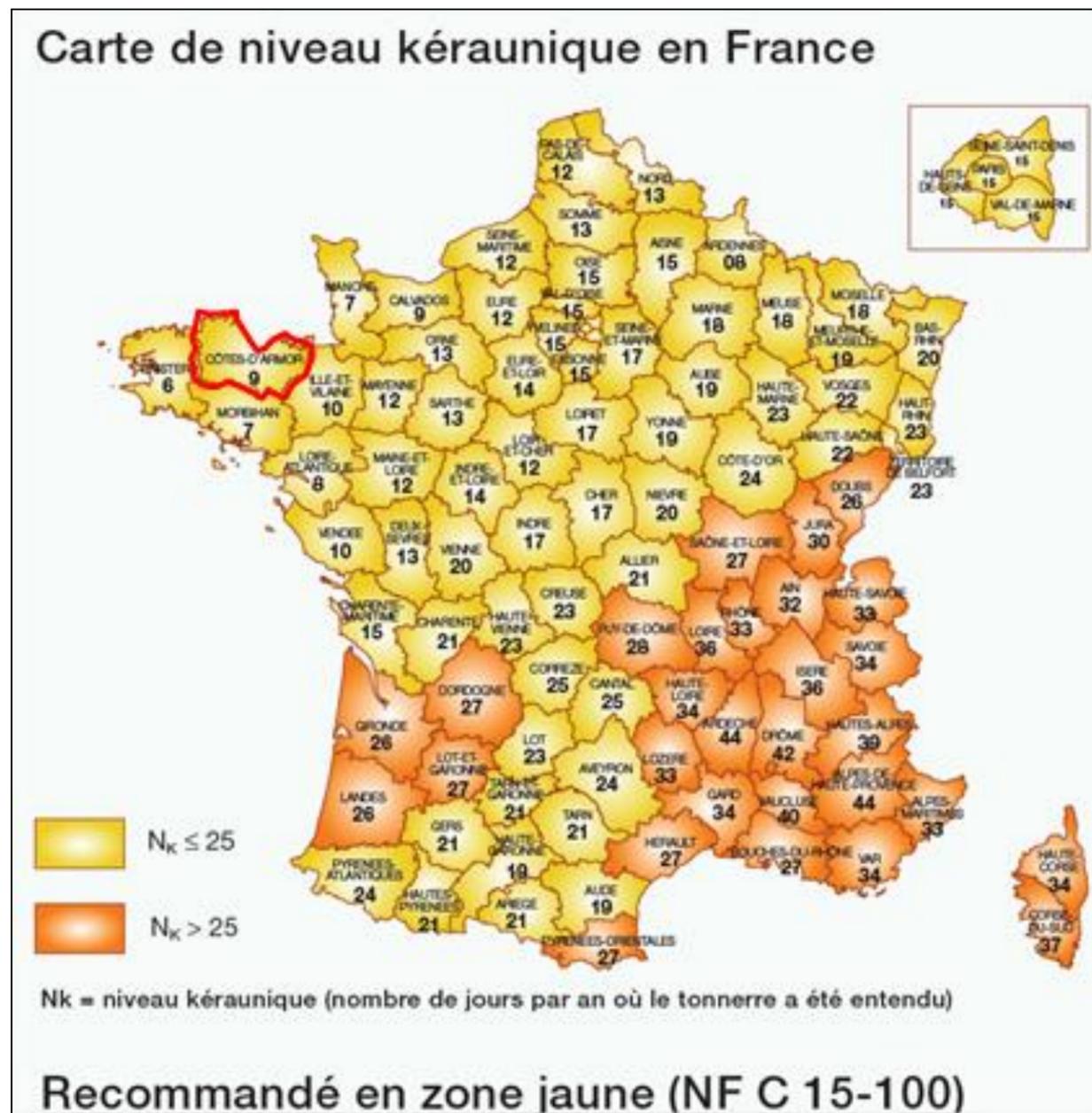


Figure 5 : Carte de France du niveau kéraunique

Source : Acroterre.fr

Le niveau kéraunique du département de les Côtes d'Armor est de 9 jours par an, cela correspond au nombre de jours où l'on entend gronder le tonnerre. Dans le cas où le niveau kéraunique est supérieur à 25, la pose de protection Foudre est obligatoire. Cette norme ne concerne pas le département des Côtes d'Armor qui possède un niveau kéraunique inférieur à 25Nk.



### 3.3.2.2 Les risques naturels

L'étude de dangers implique de lister les différents risques naturels identifiés dans la zone d'étude. En effet, ces risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes et devront donc être pris en compte dans l'évaluation préliminaire des risques.

#### ▪ Sismicité

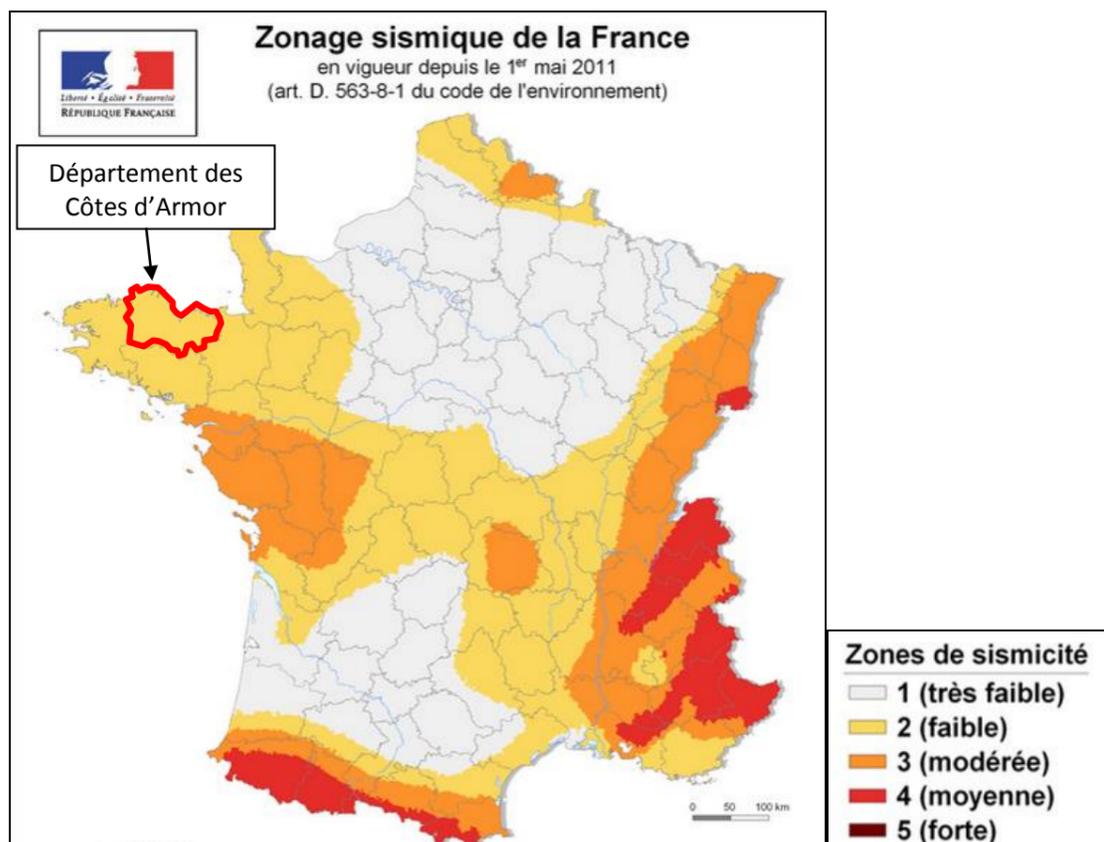
La zone est sismiquement stable. Aucun séisme historique n'a été recensé dans la région depuis les années 1970. Des tremblements de terre mineurs ont pu être ressentis par le passé, mais le secteur n'est pas considéré comme une région sismique, c'est-à-dire une région où apparaissent des tremblements de terre d'intensité égale ou supérieure à VIII (MSK) responsables de destructions importantes et parfois de morts.

Selon le décret du 22 Octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique, le département des Côtes d'Armor est en zone de sismicité faible. La commune de Plestan, concernée par le parc éolien, est donc en sismicité faible.

Les bâtiments sont classés en 4 catégories, la classe I correspondant des bâtiments à risque faible, la classe IV à fort risque. Les éoliennes sont de catégorie III (« bâtiments dont la hauteur dépasse 28 mètres ») et doivent respecter les normes de l'Eurocode 8.

Le constructeur, choisi pour ce projet, respectera la norme IEC 61400-1 pour l'établissement des fondations de ses éoliennes.

Enfin, ci-joint la zone de sismicité en France métropolitaine. Dans sa zone géographique, le projet encourt un risque faible.



Carte 4 : Zonage sismique de la France en vigueur le 1<sup>er</sup> Mai 2011

Source : ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire

#### ▪ Les mouvements de terrain

Voici la liste des mouvements de terrains du type « glissement, affaissement, éboulement » recensés dans le département des Côtes d'Armor sur la période 1983 – 2015.

Code INSEE	Communes	Type	Événement
22349	TREDEZ-LOCQUEMEAU	Inondations, actions des vagues et glissement de terrain	22/11 au 24/11/1984
22353	TREGASTEL	Inondations, actions des vagues et glissement de terrain	22/11 au 24/11/2014
22111	LANMODEZ	Eboulement, glissement et affaissement de terrain	Janvier 1995
22204	PLOEZAL	Eboulement, glissement et affaissement de terrain	17/01 au 4/02/1995
22187	PLERIN	Mouvement de terrain	02/01 au 31/03/2001
22210	PLOUBAZLANEC	Mouvement de terrain	25/03/2001
22278	SAINT-BRIEUC	Mouvement de terrain	02/10/2000 au 28/03/2001
22282	SAINT-CAST-LE-GUILDON	Mouvement de terrain	04/05/2001
22214	PLOUEZEC	Mouvement de terrain	27 au 28/02/2010
22351	Treffrin	Mouvement de terrain	06/02 au 09/02/2014

Tableau 4 : Mouvements de terrain en Côtes d'Armor

Source : DDRM Côtes d'Armor (dernière mise à jour en 2011)

D'après l'inventaire de la base de données nationale et la liste des arrêtés de la base GASPARG (Gestion Assistée des Procédures Administratives des Risques naturels), la commune de Plestan est concernée par l'aléa « mouvement de terrain » à travers les risques d'affaissement et d'effondrement liés aux cavités souterraines, l'éboulement et chutes de pierres et de blocs et enfin les tassements différentiels.

D'après l'inventaire de la base de données nationale (<http://www.bdmvt.net>) et la liste des arrêtés de la base GASPARG (Gestion Assistée des Procédures Administratives des Risques naturels), 12 communes sont concernées par le risque de mouvement de terrain du type « glissement, affaissement, éboulement » dans le département des Côtes d'Armor.

Le mouvement de terrain ayant fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle le plus proche a eu lieu sur la commune de Saint Briec, à plus de 28 km de la zone d'étude.

La commune de Plestan n'est pas concernée par le risque de mouvement de terrain.

### 3.3.3 Environnement matériel

#### 3.3.3.1 Les voies de communication

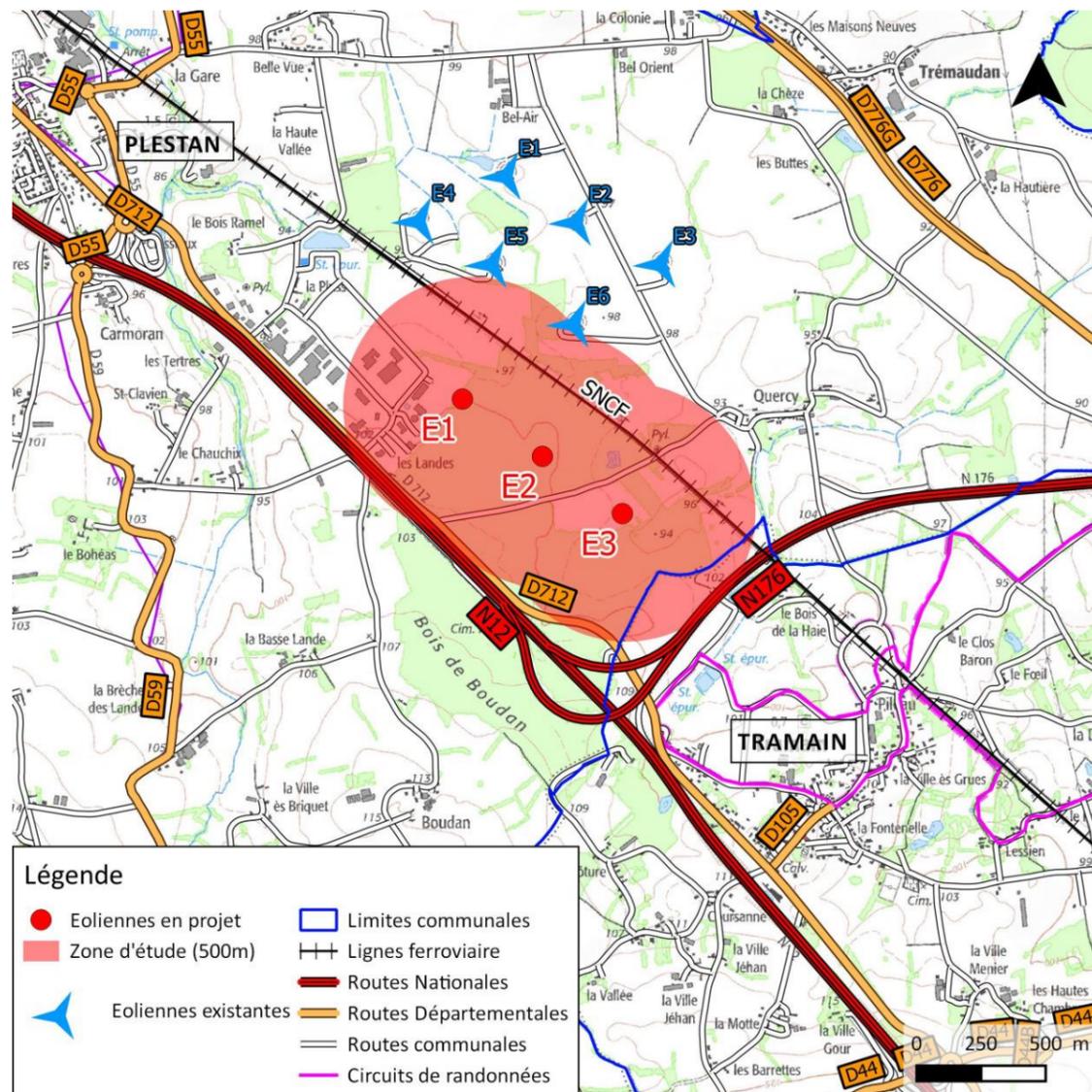
La zone de l'étude de dangers est traversée par la route départementale RD712, les routes nationales 176 et 12, la voie SNCF qui relie Saint-Brieuc à Rennes. Ce sont les principales voies de communication en présence dans la zone d'étude de l'EDD.

D'autres voies chemins d'exploitation sont également présents. Ces derniers permettent de desservir les différentes parcelles agricoles ainsi que les éoliennes existantes Ce sont donc principalement des engins agricoles et des professionnels qui empruntent ces chemins.



# PARTIE 5 – PIECE N°2 ETUDE DE DANGERS

Enfin, il existe également à moins de 500 mètres de l'éolienne E1, une zone d'activité sur laquelle plusieurs entreprises sont installées. Ici le nombre de personnes permanentes sur la zone sera calculé en fonction de la surface de la zone d'activité inscrite dans le périmètre de l'EDD et du nombre de salariés sur la zone.



Carte 15 : Les accès existant à proximité de la zone d'étude

Le tableau qui suit présente les informations de fréquentation pour la RN12, la RN176 et la voie SNCF.

Type d'infrastructure	Fréquentation
Voie SNCF <sup>2</sup>	60 trains par jour
RN12	50 000 véhicules par jour
RN176	25 000 véhicules par jour
RD712	1 009 véhicules par jour

Tableau 4 : Fréquentation des principales voies de communication

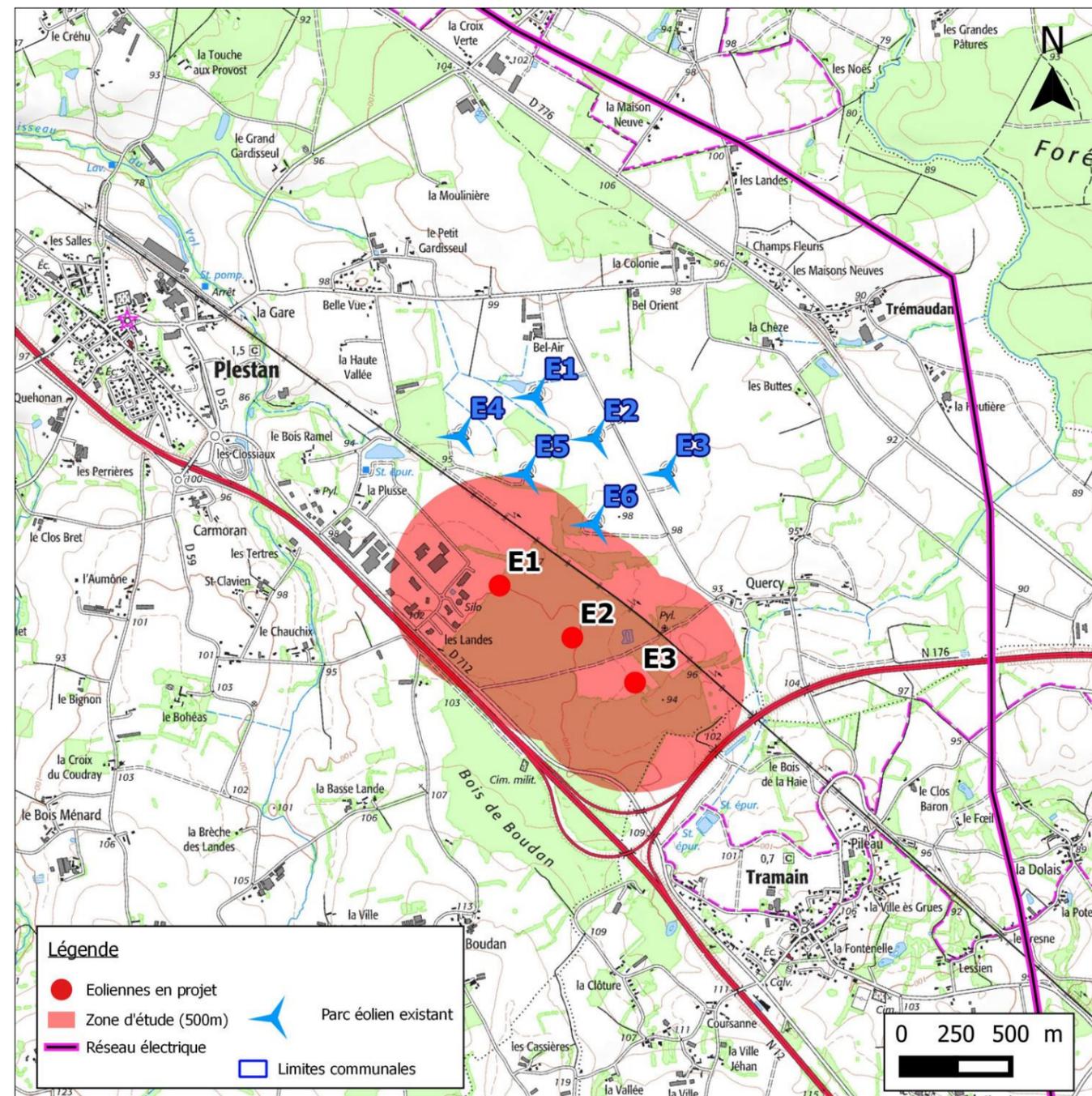
Source : SNCF et CG22<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Source : Pôle PIT, SNCF EIPB, chiffres de 2016

<sup>3</sup> Source : DIRCO et CG 22, chiffres de 2013 et 2014

## 3.3.3.2 Les réseaux publics et privés

### 3.3.3.2.1 Le réseau électrique



Carte 16 : Le réseau électrique à proximité de la zone d'étude

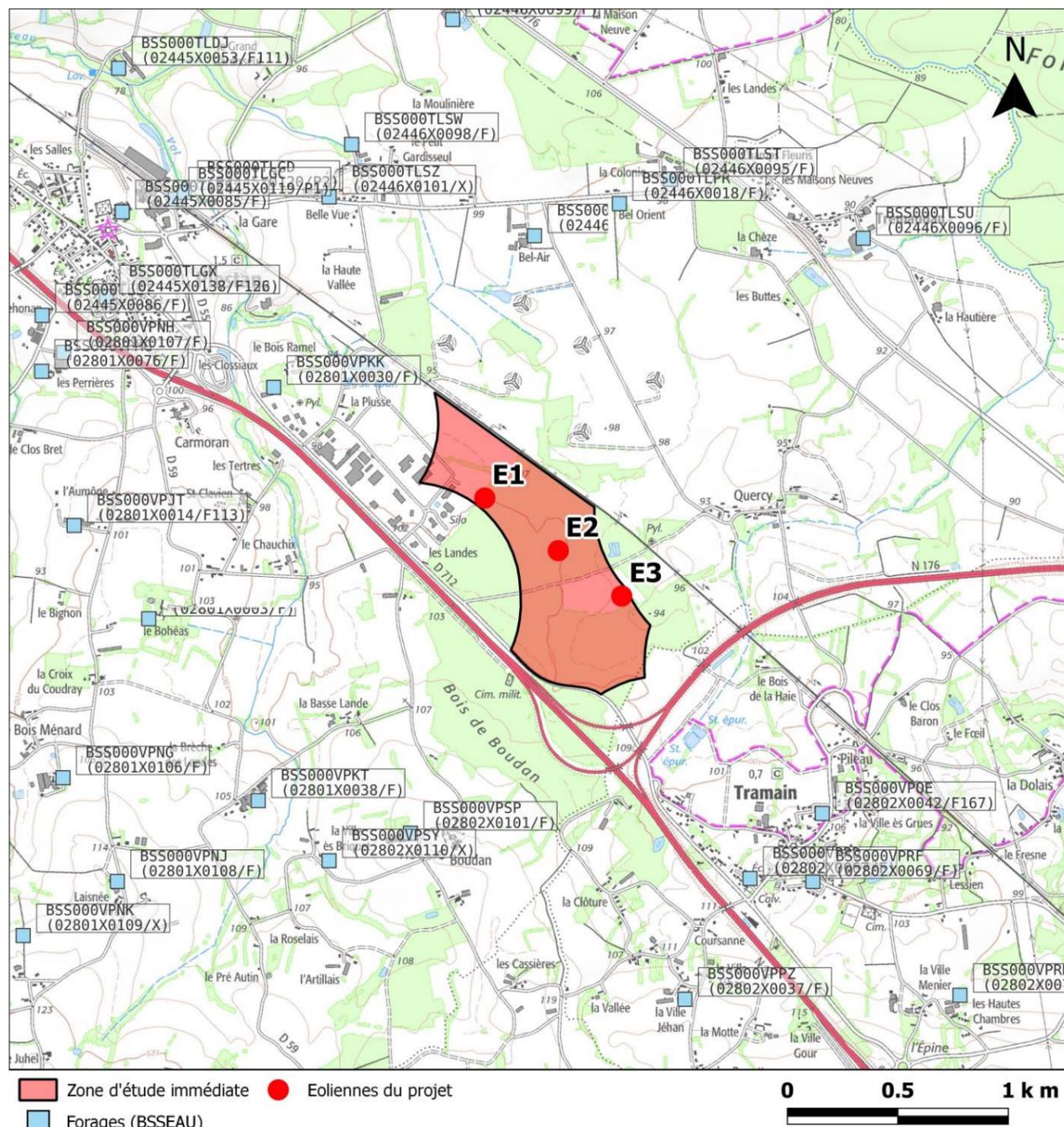
La ligne électrique RTE la plus proche est une ligne 63 kV qui passe selon un axe nord-sud, à l'est sde la zone de l'étude de dangers. L'éolienne E3 est située à plus de 1 500 mètres, soit une distance supérieure à celle préconisée par RTE pour une éolienne de 165 m en bout de pale.

Par ailleurs, les réseaux ERDF et Orange en place le long de la route départementale 712 ont été également pris en compte. Le tracé de ces réseaux est visible dans l'article R.323-40 du code de l'Énergie.



### 3.3.3.2.2 Le réseau d'alimentation en eau potable

Le diagnostic de l'état initial a montré qu'aucun captage d'eau ne se situe au sein ou à proximité des éoliennes du projet de Plestan II. Le captage d'eau le plus proche du projet éolien de Plestan II est situé à plus de 1 100 mètres. Par ailleurs le périmètre de protection autour de la retenue sur l'Arguenon est situé à plus de 3 500 mètres de l'éolienne E3. **Le chantier n'aura aucun impact sur les captages d'eau.**



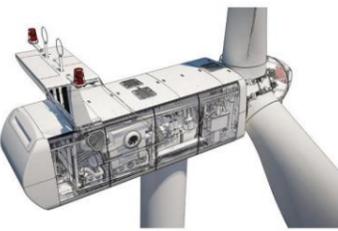
Carte 17 : Position des éoliennes sur la carte des captages d'eau

Par ailleurs, la canalisation de la SAUR en place le long de la route départementale 712 a été également prise en compte. Le tracé de cette canalisation est visible dans l'article 24.

### 3.3.4 Synthèse sur l'environnement de l'installation

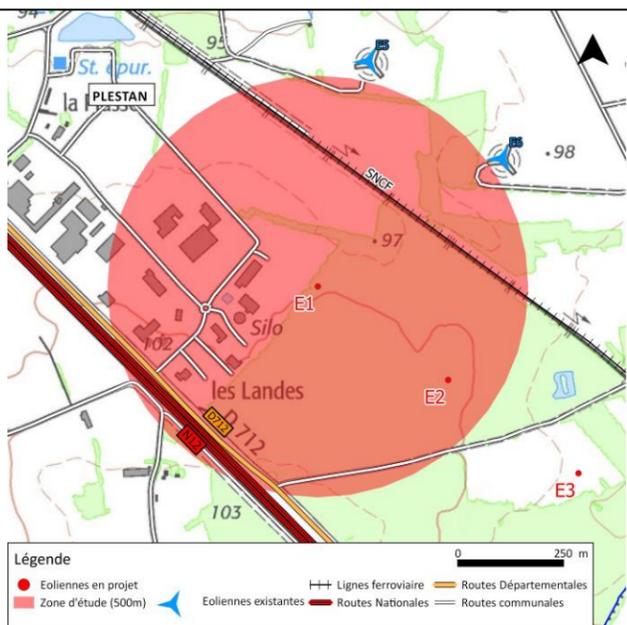
La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur préconisée par la trame type de l'étude de dangers est présentée en annexe 1 de ce présent document. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Deux modèles d'éoliennes ont été présélectionnés pour la présente demande. Pour le calcul des zones d'effet, nous sélectionnerons les dimensions les plus grandes des éléments composant les éoliennes.

Constructeur	VESTAS	NORDEX	Valeur retenue
Modèle d'éolienne envisagé	V110	N117	NA
Design de la nacelle			NA
Puissance nominale	2 MW	3.6 MW	NA
Hauteur au moyeu	110 mètres	106 mètres	110 mètres
Diamètre du rotor	110	117	117 mètres
Diamètre + hauteur au moyeu	220	223	223 mètres
Longueur de la pale	54 mètres	57.3 mètres	57.3 mètres
Hauteur hors tout	165mètres	164 mètres	165 mètres
Largeur maximale du mât	3.9 mètres	4.3 mètres	4.3 mètres
Largeur maximale de la pale	3.6 mètres	3.6 mètres	3.6 mètres



# PARTIE 5 – PICE N°2 ETUDE DE DANGERS

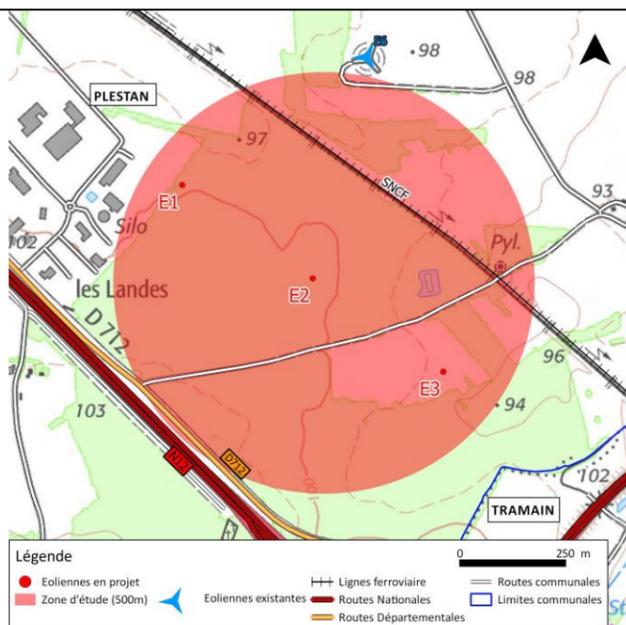


La zone d'étude de l'éolienne E1 représente une surface de 78,5 ha

Elle concerne

- une voie ferrée fréquentée par 60 trains par jour pour une longueur d'environ 850 mètres ce qui représente 20,57 EPP;
- une zone d'activité pour environ 186,05 .
- des chemins existants pour une longueur cumulée d'environ 2200 mètres ce qui représente 0,11 EPP ;
- une route départementale RD712, non structurante, sur une longueur de 580 mètres, ce qui représente 0,03 EPP ;
- une route nationale structurante RN12 au trafic journalier de 50 000 véhicules pour une longueur de 500 mètres ce qui représente 100 EPP ;
- des « terrains non aménagés et très peu fréquentés » (correspondant aux parcelles agricoles et à la forêt) pour une surface d'environ 57 ha ce qui représente 0,57 EPP ;

Dans un rayon de 500 mètres, nous avons calculé 307,33 EPP.

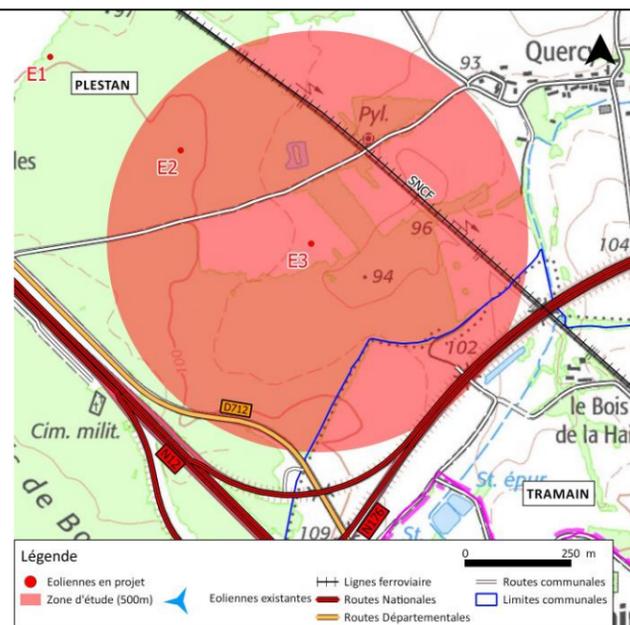


La zone d'étude de l'éolienne E2 représente une surface de 78,5 ha

Elle concerne

- une voie ferrée fréquentée par 60 trains par jour pour une longueur d'environ 870 mètres ce qui représente 20,98 EPP;
- une zone d'activité, ce qui représente 8,83 EPP
- des chemins existants pour une longueur cumulée de 1 120 mètres ce qui représente 0,06 EPP ;
- une route départementale RD712, non structurante, sur une longueur de 300 mètres, ce qui représente 0,02 EPP ;
- une route nationale structurante RN12 au trafic journalier de 50 000 véhicules pour une longueur de 100 mètres ce qui représente 20 EPP ;
- des « terrains non aménagés et très peu fréquentés » (correspondant aux parcelles agricoles et à la forêt) pour une surface d'environ 75 ha ce qui représente 0,75 EPP ;

Dans un rayon de 500 mètres, nous avons calculé 50,63 EPP.



La zone d'étude de l'éolienne E3 représente une surface de 78,5 ha

Elle concerne

- une voie ferrée fréquentée par 60 trains par jour pour une longueur d'environ 890 mètres ce qui représente 21,48 EPP;
- des chemins existants pour une longueur cumulée d'environ 1180 mètres ce qui représente 0,06 EPP ;
- une route départementale RD712, non structurante, sur une longueur de 300 mètres, ce qui représente 0,02 EPP ;
- une route nationale structurante RN176 au trafic journalier de 25 000 véhicules pour une longueur de 270 mètres ce qui représente 27 EPP ;
- des « terrains non aménagés et très peu fréquentés » (correspondant aux parcelles agricoles et à la forêt) pour une surface d'environ 77 ha ce qui représente 0,78 EPP ;

Dans un rayon de 500 mètres, nous avons calculé 49,33 EPP.

Eolienne	Voie Ferrée			Zone artisanale	Chemin existant (incluant les chemins d'accès aux éoliennes existantes, chemin communal, chemin de la ZA)		RD712		Routes structurantes RN176			Routes structurantes RN12			Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...)		Total
	Trafic par jour	km	Personnes exposées		Personnes exposées	km	Personnes exposées	km	Personnes exposées	Trafic	km	Personnes exposées	Trafic	km	Personnes exposées	Surface concernée (ha)	
1	60	0.857	20.57	186.05	2.2	0.11	0.58	0.03			NA	50000	0.5	100.00	57.4675	0.57	307.33
2	60	0.874	20.98	8.83	1.12	0.06	0.3	0.02			NA	50000	0.1	20.00	75.4301	0.75	50.63
3	60	0.895	21.48	NA	1.18	0.06	0.3	0.02	25000	0.27	27.00			NA	77.9498	0.78	49.33

Tableau 5 : Synthèse sur l'environnement humain de l'installation



### 3.4 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 au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

#### 3.4.1 Caractéristiques de l'installation

##### 3.4.1.1 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.

- 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.

##### 3.4.1.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

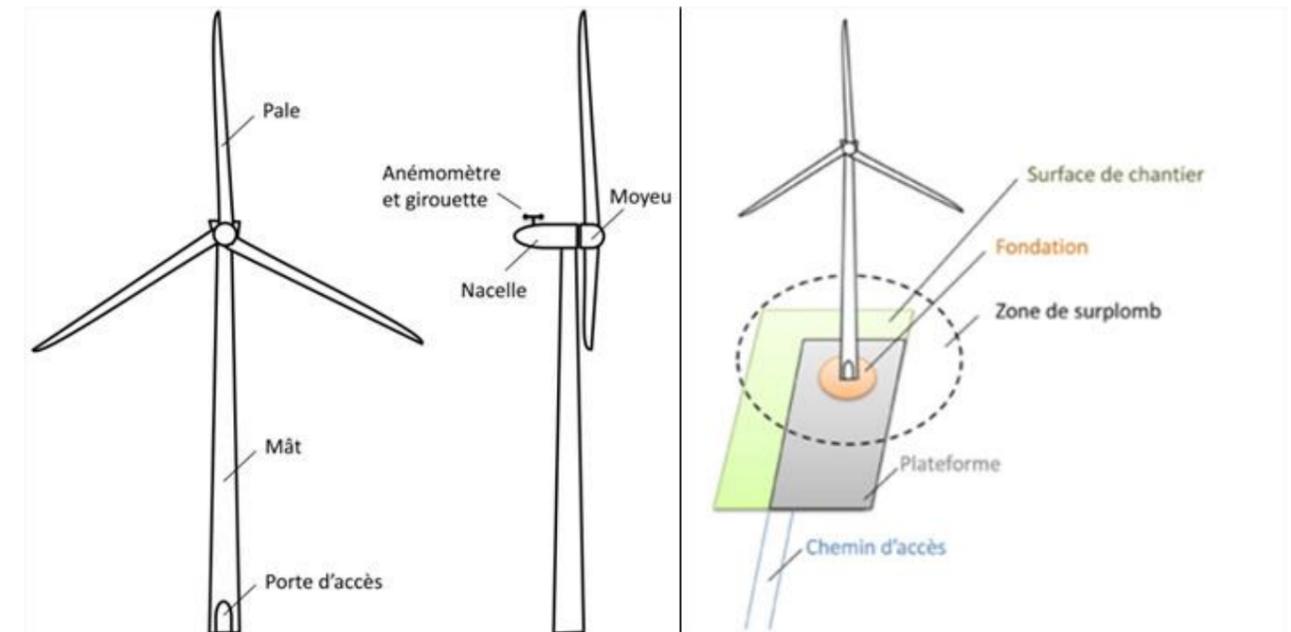


Figure 6 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur et illustration des emprises au sol

##### 3.4.1.1.2 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.

##### 3.4.1.1.3 Chemins d'accès

En général, 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).



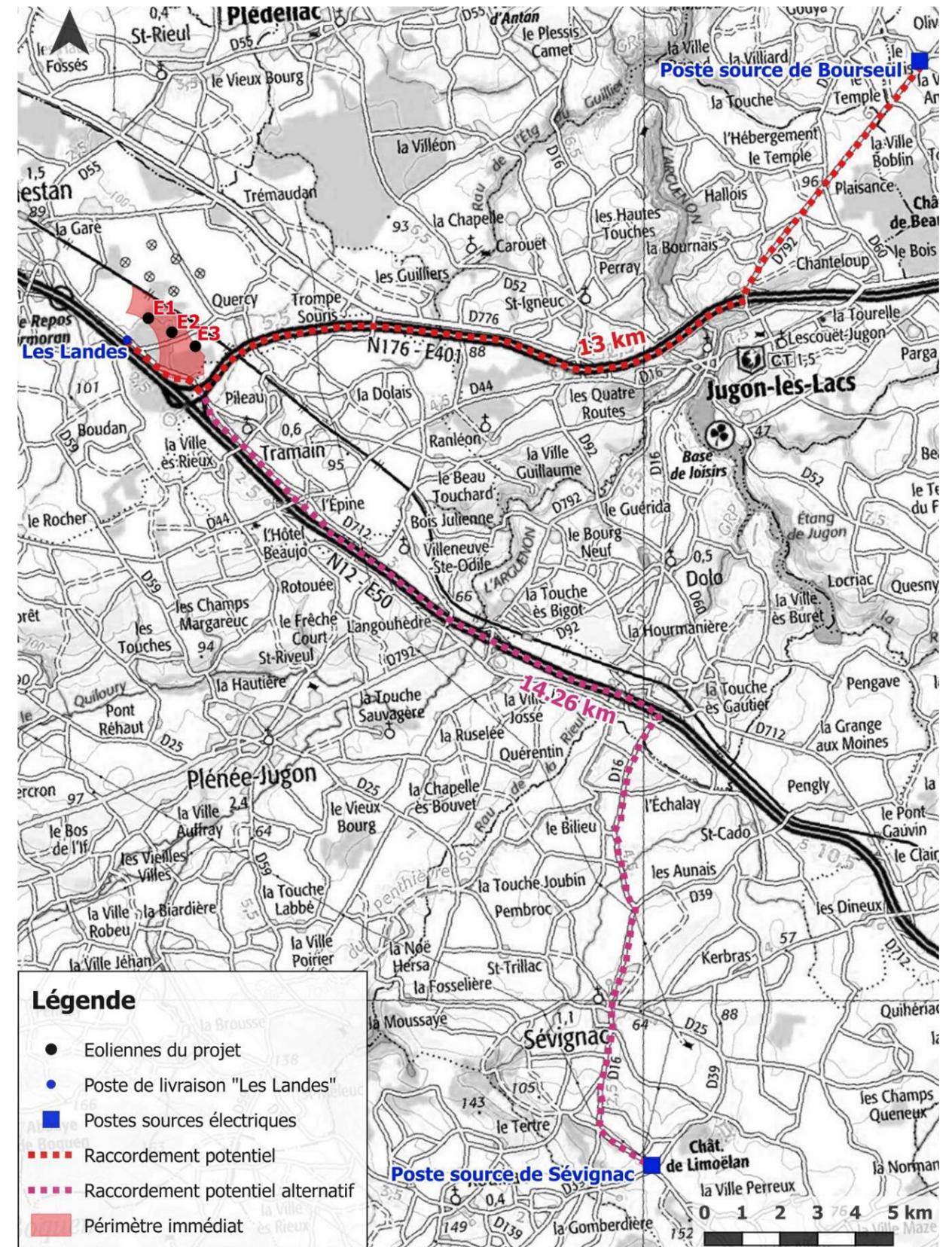
## 3.4.1.1.4 Poste de livraison

Le poste de livraison sera disposé comme le montre la carte ci-contre.



Photo 3 : Poste de livraison standard

La carte suivante montre l'emplacement du poste de livraison ainsi que le tracé envisagé de raccordement au poste source.



Carte 18 : Tracé envisagé de raccordement électrique des éoliennes, localisation du poste de livraison et tracé envisagé au poste source



### 3.4.1.1.5 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Plestan II est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent. Cette installation est soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

### 3.4.1.1.6 Composition de l'installation

Le parc éolien de Plestan II est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Fonctionnement de l'installation

### 3.4.1.1.7 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.

### 3.4.1.1.8 Principaux éléments constitutifs de l'installation

- Les fondations : le massif de fondation des éoliennes a pour but d'assurer l'ancrage de l'éolienne au sol. Il est composé de béton armé. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :

Le type d'éolienne

La nature des sols

Les conditions météorologiques extrêmes

Les conditions de fatigue

- Tour / Mât : la hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée. La tour a avant tout une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :

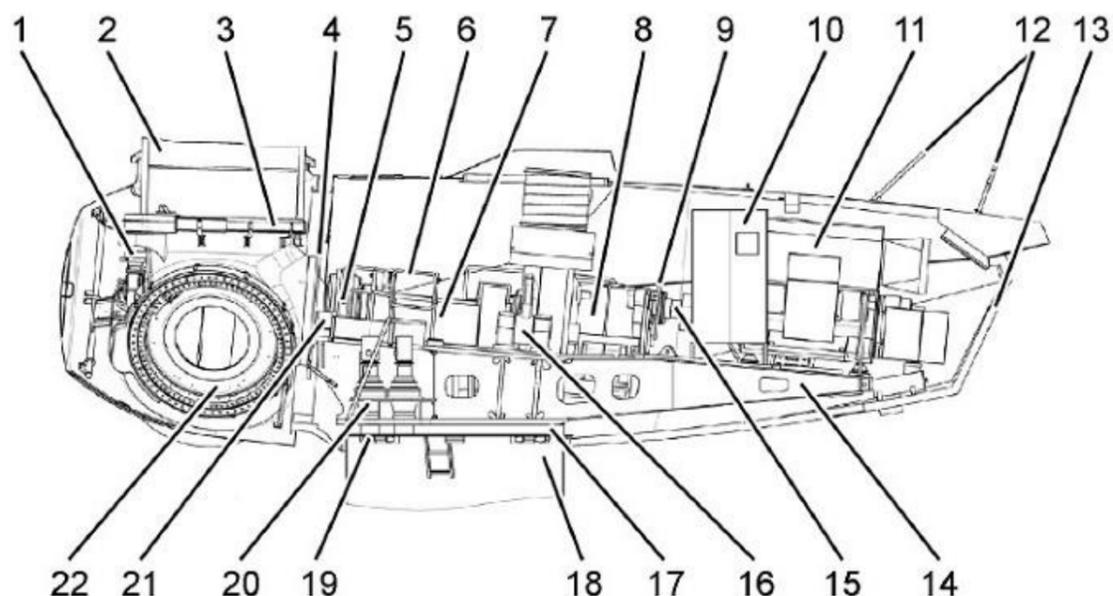
Une échelle d'accès à la nacelle

Un élévateur de personnes

Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas)

Les cellules de protection électriques

- Rotor et pales : le rotor est la partie tournante externe de l'éolienne, il est composé du moyeu et des trois pales. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.
- Nacelle : la nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne. La nacelle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux composites en fibre de verre. Les éléments principaux sont disposés sur un châssis en acier qui assure le transfert des forces et charges du rotor vers la tour. La nacelle comprend également un système de ventilation et de refroidissement air/air pour les éléments qu'elle abrite. La nacelle est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur. Elle sert également de support au balisage lumineux de l'éolienne pour l'aviation. Le schéma ci-après situe les différents éléments de la nacelle décrits précédemment.



III. 4.2 - 1: Aperçu des sous-ensembles

1	Réglage des pales	12	Mât météo
2	Pale du rotor	13	Habillage de la nacelle
3	Palier de pale du rotor	14	Support machine
4	Disque de blocage du rotor	15	Accouplement
5	Palier du rotor	16	Appui de moment
6	Porte de verrouillage du rotor	17	Palier azimutal
7	Arbre du rotor	18	Mât tubulaire
8	Multiplicateur	19	Frein azimutal
9	Frein de maintien du rotor	20	Moteur azimutal
10	Cabine de la nacelle	21	Blocage du rotor
11	Génératrice	22	Moyeu du rotor

Figure 7 : Eléments constitutifs d'une éolienne

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
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 110 mètres de diamètre ; - Pales de 55 mètres. Largeur de pale de 5m
Générateur	Convertir l'énergie mécanique en énergie électrique	- type asynchrone ; - générateur triphasé, de type quadripolaire à rotor bobiné ; - avec alimentation électrique du stator au démarrage ; - délivre deux niveaux de tension différents (690 V et 480 V en courant alternatif) dirigés vers le transformateur élévateur de tension.
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	- élévation des deux niveaux de tension (480 V et 690 V) jusqu'à 20 000 V.
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	9 mètres de longueur ; 2,5 mètres de largeur ; 3,20 mètres de hauteur hors tout ; 2,80 mètres au-dessus du sol.

Tableau 6 : Fonctionnement d'un aérogénérateur

3.4.1.1.9 Sécurité de l'installation

3.4.1.1.9.1 Les différents modes d'arrêt de l'éolienne

Les éoliennes sont équipées du dispositif de contrôle 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 secondaire 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.

Elément 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 110 mètres ; Poids de 211 tonnes.

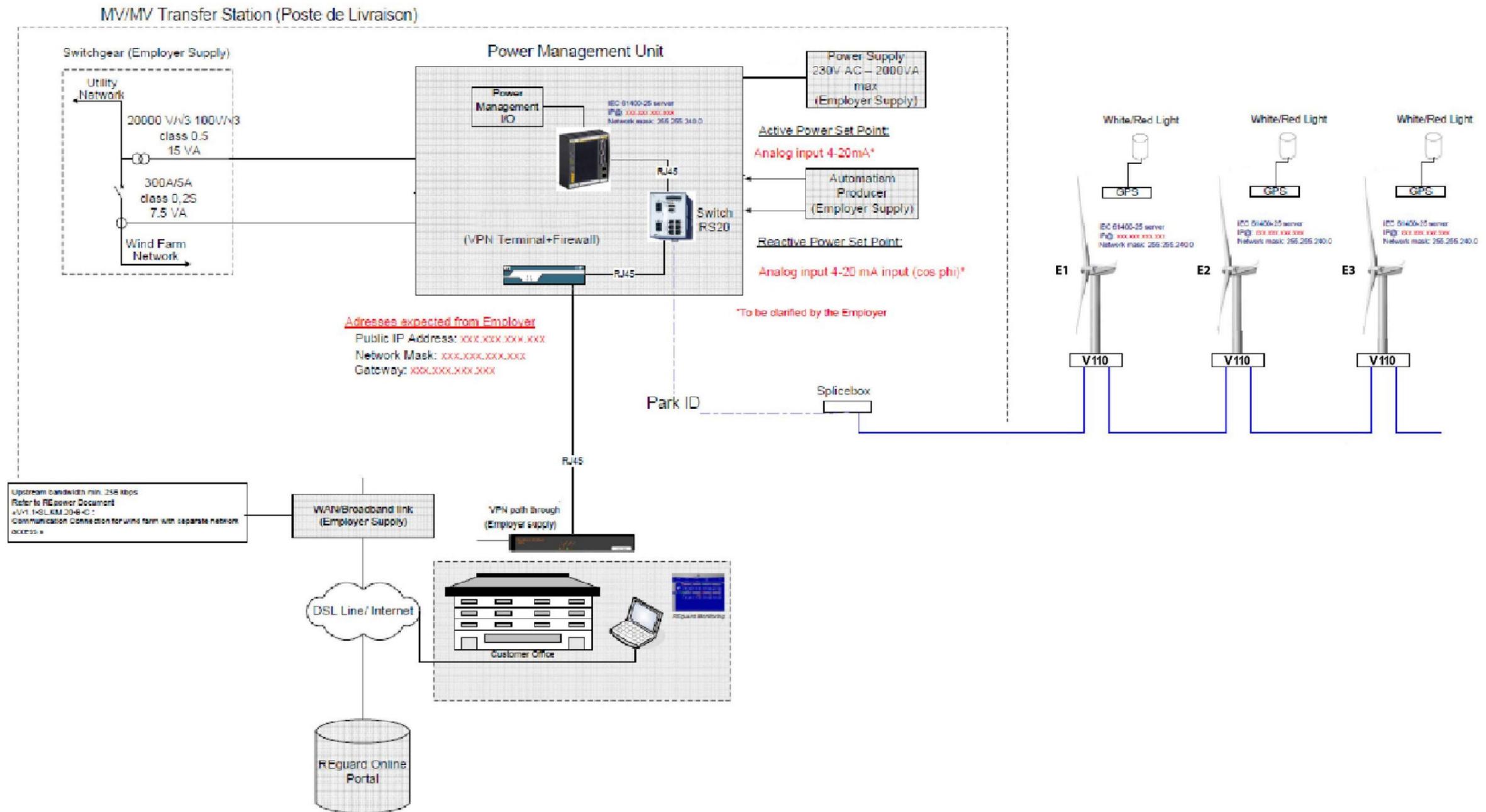


Figure 8 : Schéma du système de management à distance de l'installation



### 3.4.1.1.10 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 système de freinage comprend un frein aérodynamique principal et un frein mécanique auxiliaire.

Le frein aérodynamique est assuré par trois pales de l'éolienne, chacune équipée de contrôleurs indépendants, de moteurs de calage et d'alimentation de secours, assurant un niveau élevé de redondance. Le freinage aérodynamique devient effectif en pivotant les pales jusqu'à la position dite en drapeau, avec la possibilité d'obtenir différentes vitesses de calage pour éviter les efforts trop importants. Chaque système de calage est complètement indépendant. En cas de perte de réseau, les moteurs de calage sont alimentés par des jeux d'accumulateurs. La force de freinage liée au réglage d'une seule pale est suffisante pour ralentir l'éolienne à une vitesse sécurisée. Le système de freinage est donc trois fois redondant.

Le système de freinage du rotor mécanique est installé sur l'arbre rapide. Il est activé en cas de défaillance partielle ou totale des systèmes de sécurité principaux et arrête le rotor conjointement au système de réglage des pales. Il est également utilisé pour immobiliser le rotor une fois celui-ci arrêté par le système de freinage aérodynamique afin de sécuriser les opérations de maintenance. Le système de freinage est conçu pour remplir la fonction « fail safe ». Cela signifie qu'en cas de dysfonctionnement d'un composant du système, l'éolienne est arrêtée en toute sécurité.

**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 20 en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur. IEL Exploitation 20 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. Le Service départemental d'incendie et de secours de Lamballe à 12,5 km du site est le plus proche.**

#### 3.4.1.1.10.1 L'incendie

La nacelle est équipée d'un détecteur de fumée ; trois détecteurs est également implantés en pied de tour dans le local transformateur, au niveau de la plateforme d'entrée et de la plateforme convertisseur. 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.

Le déclenchement des détecteurs de fumée entraîne automatique l'arrêt de l'éolienne.

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 20 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 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 20 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.

#### 3.4.1.1.10.2 Protection contre la glace

Il existe un système de détection de glace sur les éoliennes présélectionnées, détaillé dans la fonction de sécurité n°1. Ce système permet de prévenir l'accumulation de glace sur les éoliennes et ainsi évite les risques de projection. Le délai de transmission de l'information est inférieur à 60 minutes.

#### 3.4.1.1.10.3 Respect des principales normes applicables à l'installation

La liste des codes et standards appliqués pour la construction de l'éolienne V110 présentés ci-après, n'est pas exhaustive (il y a en effet des centaines de standards applicables). Seuls les principaux standards sont présentés ci-après.

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 répondent aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques, notamment la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004.
- Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

Les 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 les constructeurs 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 d'IEL Exploitation 20 sont maintenus en bon état de propreté.

Les contrats de maintenance des constructeurs imposent à l'exploitation un bon état des voies d'accès. Les contrats de fourniture proposés par les constructeurs prévoient alors systématiquement la mise en place d'une voie d'accès carrossable permettant l'intervention des services d'incendie et de secours. IEL Exploitation 20 a donc l'obligation d'entretenir et de maintenir en non état les chemins d'accès aux éoliennes.

- 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.

Les constructeurs remettent à chacun de leurs clients un document appelé « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Par ailleurs, IEL Exploitation 20 tiendra également à la disposition de l'inspection des installations le rapport relatif au contrôle technique de



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

construction conformément aux dispositions de l'article R.111-38 du code de la construction et de l'habitation. 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'éolienne V110 respecte le standard IEC 61400-24. Le contrôle visuel des pales est inclus dans les opérations de maintenance annuelles des constructeurs.

- 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.

L'éolienne V110 respecte 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 conformément à l'arrêté du 10 octobre 2010.

- 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.

Le constructeur sélectionné 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 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 20 installera alors les pictogrammes conformément à l'article 14.

L'affichage externe apposé sur les éoliennes et visible par les tiers consiste en un :

affichage à l'extérieur de la tour sur le mur à gauche de la porte d'entrée, à hauteur de 1.80 m à partir de la plateforme supérieure des escaliers.

affichage à l'extérieur de la tour sur la porte d'entrée.

affichage à l'extérieur de la tour sur le mur à droite de la porte d'entrée, à hauteur de 1.80 m à partir de la plateforme supérieure des escaliers.

affichage du N° de la machine à l'extérieur de la tour sur le mur en haut à droite de la porte d'entrée, à une hauteur rendant le N° visible depuis au delà de la plateforme.

Un second affichage est mis en place à l'aide de panneaux aux abords des chemins d'accès aux éoliennes qui indique également :

l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur au personnel non autorisé

la mise en garde face aux risques d'électrocution

La mise en garde, le cas échéant, face aux risques de chute de glace

Ci-après 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.

- 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 de maintenance 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.

- 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 caserne de pompiers la plus proche est située à Lamballe, à environ 8 km du parc éolien.

Le fonctionnement de l'installation est assuré par le constructeurs sous contrat de maintenance avec IEL Exploitation 20. Les constructeurs utilisent du personnel qualifié, formé et habilité. Les techniciens disposent également de formations leur permettant de travailler en toute sécurité. Parmi ces formations : utilisation des extincteurs, habilitation au travail en hauteur, habilitations électriques.

- 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 le constructeur dans le cadre des contrats de maintenance établis entre IEL Exploitation 20 et le constructeur.

- 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 mentionnées par l'arrêté qui concernent le comportement dans les éoliennes et aux alentours des éoliennes, sont établies et mises à disposition des exploitants dans les manuels d'exploitation des aérogénérateurs, remis à la mise en service des parcs éoliens.

Ces informations doivent être complétées par les informations et procédures spécifiques à l'installation. Le manuel d'exploitation contient, entre autre :

les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation (ici l'éolienne)

les dangers de situations extrêmes et les comportements à observer (survitesse, condition de gèle, incendie, orage, panne grave de l'éolienne, état de pénétration d'eau).

Les réactions de l'éolienne dans des situations tel que l'échauffement anormale de pièce, les oscillations fortes et anormales,... sont décrites et associées aux procédures d'arrêt d'urgence.

Les limites de sécurité de fonctionnement liées aux vitesses de vent ainsi que les limites autorisées pour les interventions.

Les procédures en cas d'inondation, d'une tempête de sable ou d'un tremblement de terre sur le parc ne sont pas spécifiquement décrites, mais les procédures liées aux cas des effets de ces phénomènes sur l'éolienne (oscillations extrêmes, infiltration d'eau, vent extrême, échauffement des températures de pièces,...) le sont. Rappelons tout de même que le risque d'inondation, de tremblement de terre et de tempête de sable est faible.

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

L'exploitant ou un opérateur 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.

Le couplage des éléments de détection de fumée et de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes au centre de maintenance et à IEL Exploitation 20 permettant ainsi de transmettre l'alerte aux services d'urgence dans un délai de 15 minutes.

### 3.4.1.1.10.4 Le poste de livraison (PDL)

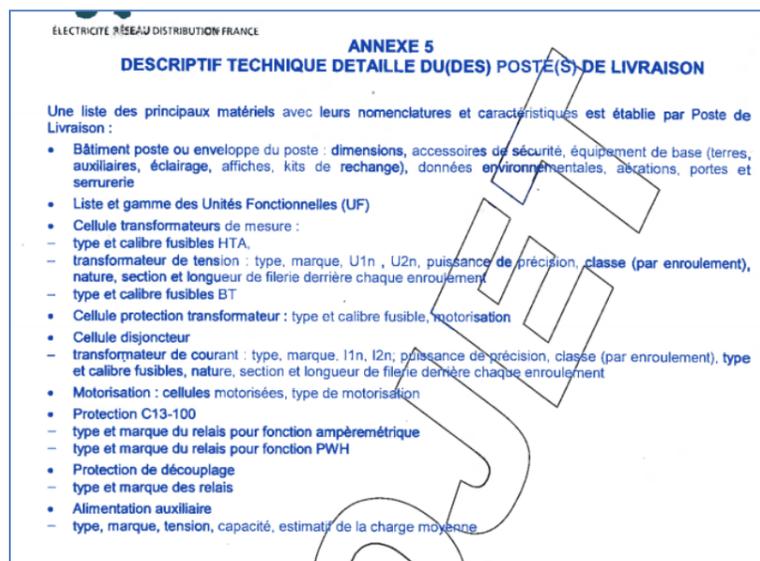
Enfin, comme nous l'avons déjà évoqué, les éoliennes peuvent être arrêtées de manière autonome ou par l'action humaine. De la même manière Electricité Réseau Distribution de France (ERDF) peut agir sur le poste de livraison (PDL) par le biais des temporisations. C'est la convention de raccordement qui 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-après un extrait d'une convention de raccordement d'un projet éolien exploité par IEL Exploitation 20.



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

En outre, la convention de raccordement détaille les différentes protections électriques qui doivent être respectées par IEL Exploitation. A titre d'information, vous trouverez ci-après des extraits d'une convention de raccordement qui établit les engagements liés aux protections électriques par IEL Exploitation 20.



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-après un extrait du document avant la mise sous tension du parc éolien, disponible suite à la signature de la convention de raccordement.

- **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.

### 3.4.1.1.11 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 sont surveillées et pilotées à distance.

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

#### 3.4.1.1.1.11.1 Entretien préventif du matériel

Vous trouverez ci-après les principales opérations de maintenance à effectuer sur les éoliennes.

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



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

Composants	Opérations
Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
Système d'inclinaison des pales	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
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

**Tableau 7 : Tableau des opérations de maintenance**

\*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.

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	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 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

Inspection après chaque année de fonctionnement



Composants	Opérations
	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
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'élévateur 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

Tableau 8 : Tableau des opérations de maintenance supplémentaire

#### 3.4.1.1.11.2 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.

#### 3.4.1.1.11.3 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.

#### 3.4.1.1.12 Stockage et flux de produits dangereux

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation (hormis certaines graisses et huiles de transmission). De même, cette activité ne génère pas de déchets, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. Les produits identifiés dans le cadre du projet éolien sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations : huile hydraulique (250 litres environ), huile de lubrification du multiplicateur (1170 litres environ), eau glycolée (400 litres), graisses pour les roulements et les systèmes d'entraînement, hexafluorure de soufre (entre 1,5 et 2,15 kg). Une fois usagés, ces produits sont traités en tant que déchets industriels spéciaux. Les huiles hydrauliques et de lubrification sont analysées tous les ans et sont remplacées si les résultats d'analyse ne sont pas conformes.
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (dégraissants, nettoyants...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...).

L'exploitation du parc éolien implique l'utilisation de graisse pour les circuits de lubrification. Celle-ci sera collectée une fois usagée. En cas de nécessité, la base de la nacelle est prévue pour accueillir toute fuite accidentelle de liquide.

Comme affirmé précédemment, les produits identifiés dans le cadre du projet éolien sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien. Les produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (notamment les huiles et les graisses), une fois usagés, seront traités en tant que déchets industriels spéciaux. Les produits de nettoyage et d'entretien des installations (dégraissants, nettoyants...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...) seront triés à la source avant leur acheminement vers les unités de traitement collectif spécialisées.

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

#### 3.4.1.2 Fonctionnement des réseaux de l'installation

Une alimentation électrique est nécessaire notamment pour :

- le fonctionnement de certains équipements (moteurs d'orientation de la nacelle, pompe du groupe hydraulique ou des systèmes de refroidissement, ventilateurs, élévateur de personnes, ...)
- l'excitation de la génératrice
- le contrôle commande
- l'éclairage

Cette énergie est fournie soit par l'éolienne elle-même, soit par le réseau électrique lors des phases d'arrêt de l'éolienne.

A noter qu'une seule liaison électrique relie l'éolienne au réseau public, cette liaison fonctionnant en alimentation du réseau lors du fonctionnement de l'éolienne et en retour depuis le réseau lors des phases d'arrêt.

Des onduleurs (ou UPS, Uninterruptible Power Supply) sont utilisés pour assurer temporairement l'alimentation des balisages lumineux et des systèmes de commande en cas de perte du réseau d'alimentation public. Ces systèmes permettent notamment de pallier les dysfonctionnements liés aux microcoupures électriques.



En cas de perte d'alimentation, l'éolienne est rapidement mise en sécurité avec un arrêt progressif du rotor.

L'alimentation du balisage aérien est prévue pour une durée minimum de 12 heures.

Il faut également noter que le câblage téléphonique est installé en souterrain sous les chemins d'accès et ce à une profondeur approximative d'un mètre.

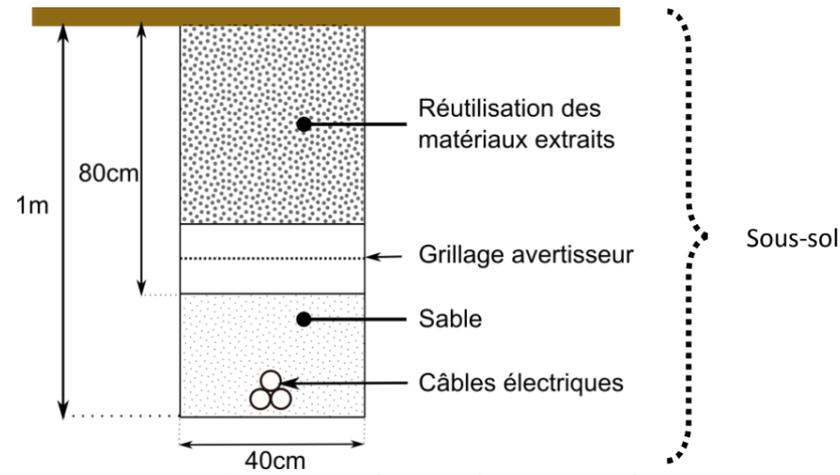


Figure 9 : Schéma du câblage enterré

### 3.4.1.2.1 Raccordement électrique

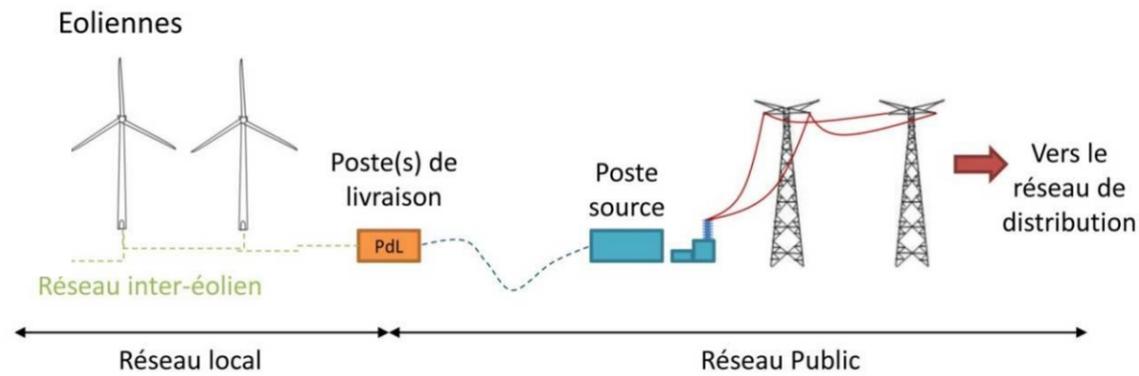


Figure 10 : Raccordement électrique des installations

#### ▪ Réseau inter-éolien

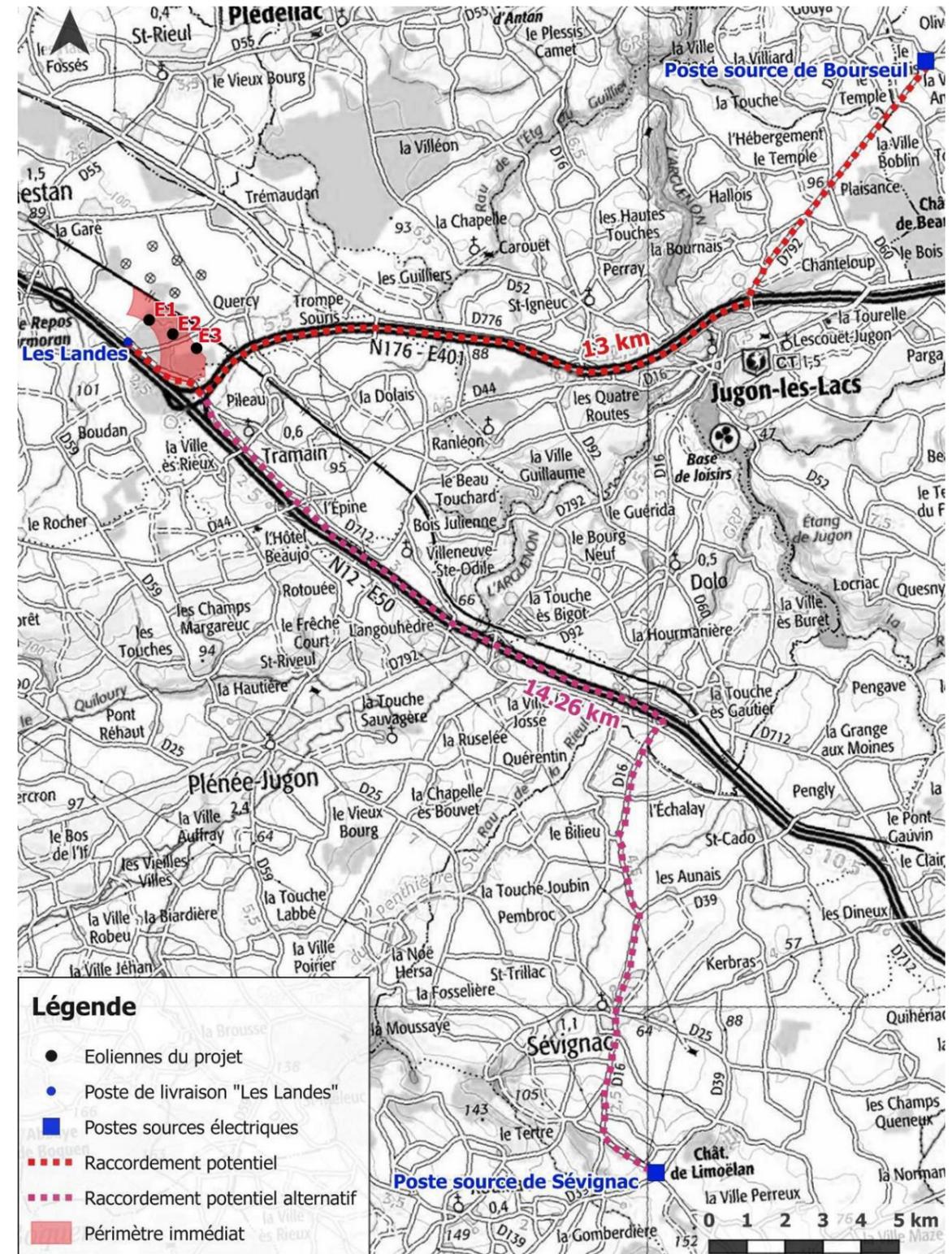
Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 100 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.

#### ▪ Réseau électrique externe

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



Carte 19 : Tracé envisagé de raccordement électrique des éoliennes

### 3.4.1.2.2 Autres réseaux

Le parc éolien de Plestan II 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.



## 3.5 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.

### 3.5.1.1 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 Plestan II 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, nettoyants...) 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.

### 3.5.1.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Plestan II 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
- Court-circuit 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
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

Tableau 9 : Tableau des potentiels dangers liés au fonctionnement de l'installation

### 3.5.1.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

#### 3.5.1.3.1 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 550 mètres par rapport aux habitations les plus proches et aux zones destinées à l'habitation ;
- Une marge de recul supérieure à 55 mètres (longueur des pales) par rapport aux chemins communaux et ruraux afin d'éviter tout surplomb de l'éolienne de ces voies.

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.



Les modèles d'éoliennes choisis 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).

### 3.5.1.3.2 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.

### 3.5.2 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.

#### 3.5.2.1 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 Plestan II. 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 52 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2011 (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.

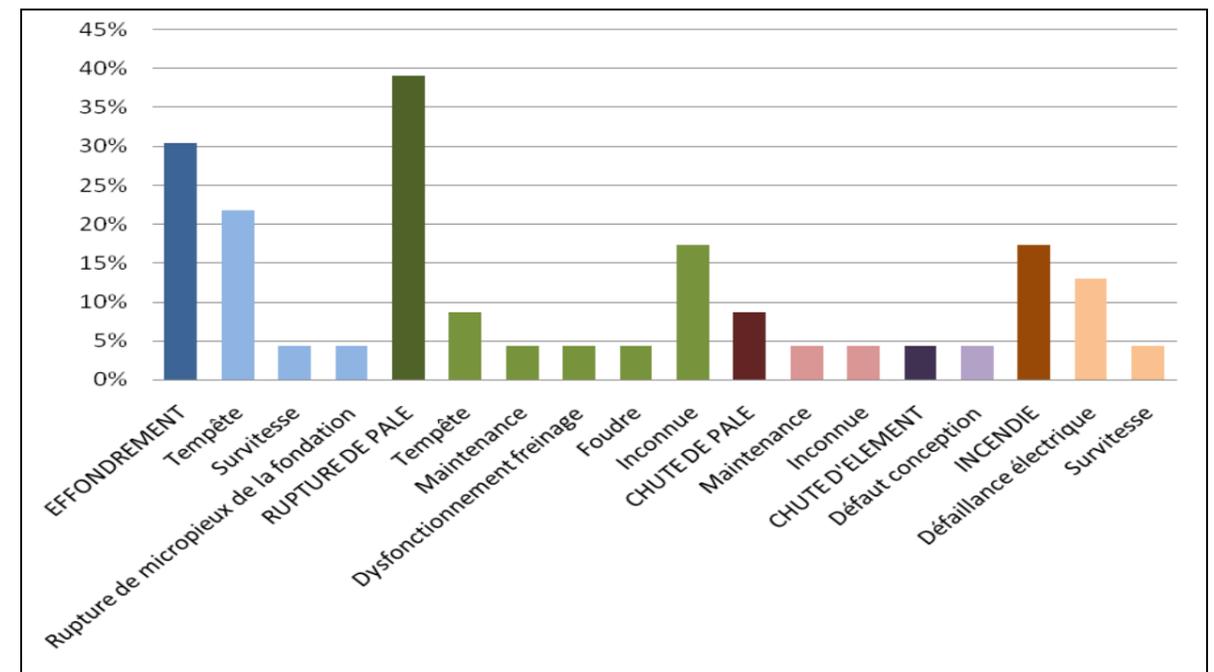


Figure 11 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

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

Depuis 2011, de nouveaux événements ont été identifiés soit dans la base de données ARIA, soit dans la presse locale ; ces 17 nouveaux événements ne figurant pas jusqu'alors dans l'accidentologie établie par l'INERIS, se trouvent dans le tableur suivant.



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	10	2007	Oui	Blessure par arc électrique (690 V) de deux techniciens de maintenance intervenant dans la nacelle d'une éolienne.			Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure et Loire	2	2008	Oui	Chute d'une pale au pied d'une éolienne sans projection d'éléments. Aucun blessé, aucun dégât	Défaillance du matériau à l'accroche de la pale	Articles de presse / Interne constructeur	
Chute d'éolienne	30/05/2012	Port La Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Chute de l'éolienne	Tempête/éolienne en treillis de 30 m	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	Non utilisable directement dans l'étude de dangers car éolienne en treillis
Chute d'éléments d'éolienne	1/11/2012	Vieillespessè	Cantal	2,5	2011	Oui	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Incendie Chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien	Incendie électrique	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	Non communiqué	Non communiqué	Non communiqué	Une pale s'est décrochée et à percuter le mât	Problème de fixation	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Incendie Chute de pale	17/03/2013	Neuvy	Marne	2,5	2011	Oui	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	défaillance électrique	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Maintenance	01/07/2013	Cambon et Salvergues	Hérault	1,3	2006	Oui	Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	2	210	Oui	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	2013	Oui	Incendie d'une des éoliennes	Incendie électrique	Articles de presse	



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place.	L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale.	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2	2011	Oui	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m.		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Chute de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1.3	2007		A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas.	L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2.3	2015	Oui	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie	Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test.	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	Non car éolienne non mise service/en phase de test lors de l'incident
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Chute de pale	13/11/2015	Menil la Horgne	Meuse	1,5	2007	Oui	Chute du rotor et des trois pales	Actuellement Inconnues	<a href="http://www.estrepublicain.fr/edition-de-bar-le-duc/2015/11/13/parc-eolien-trois-pales-et-un-rotor-chutent-de-leur-mat-a-menil-la-horgne-(meuse)">http://www.estrepublicain.fr/edition-de-bar-le-duc/2015/11/13/parc-eolien-trois-pales-et-un-rotor-chutent-de-leur-mat-a-menil-la-horgne-(meuse)</a>	
Chute de pale	18/03/2016	Dinéaul	Finistère	0,3	2002	Non	Pales brisées	Actuellement Inconnues	Ouest-France.fr	



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	Mars 2016	Lohuec	Côtes d'Armor	0.85	2009	Oui	Chute d'une pale	Actuellement Inconnues	<a href="http://www.lechodelargoat.fr/2016/04/08/la-pale-d-une-eolienne-se-detache-et-s-eccrase-au-sol/">http://www.lechodelargoat.fr/2016/04/08/la-pale-d-une-eolienne-se-detache-et-s-eccrase-au-sol/</a>	

### 3.5.2.2 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-après 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.

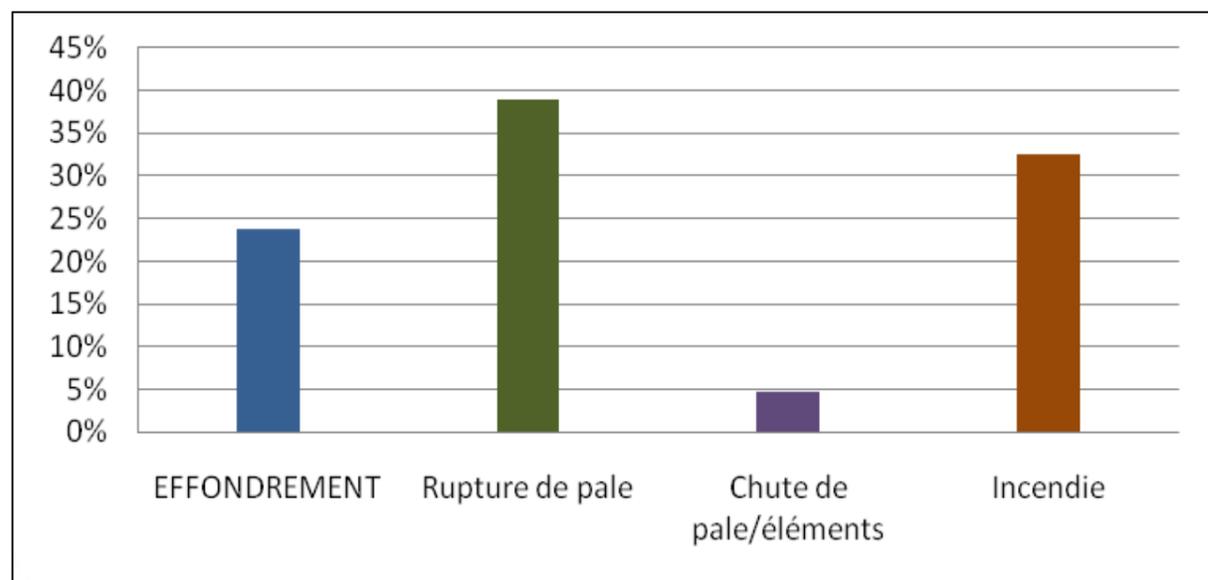


Figure 12 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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).

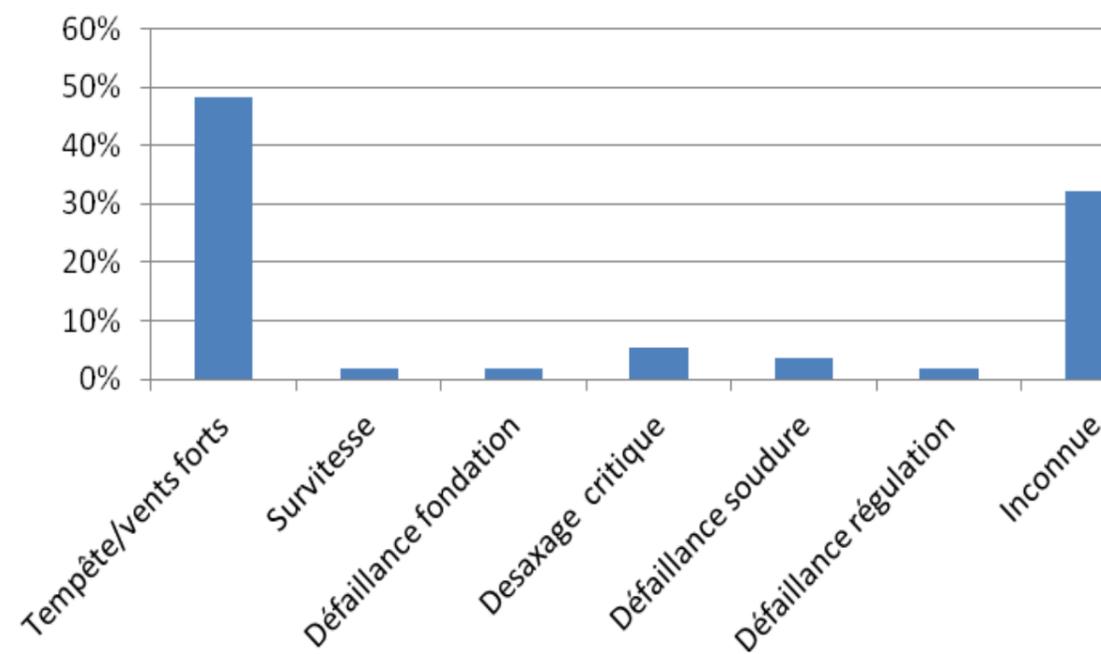


Figure 13 : Répartition des causes premières d'effondrement

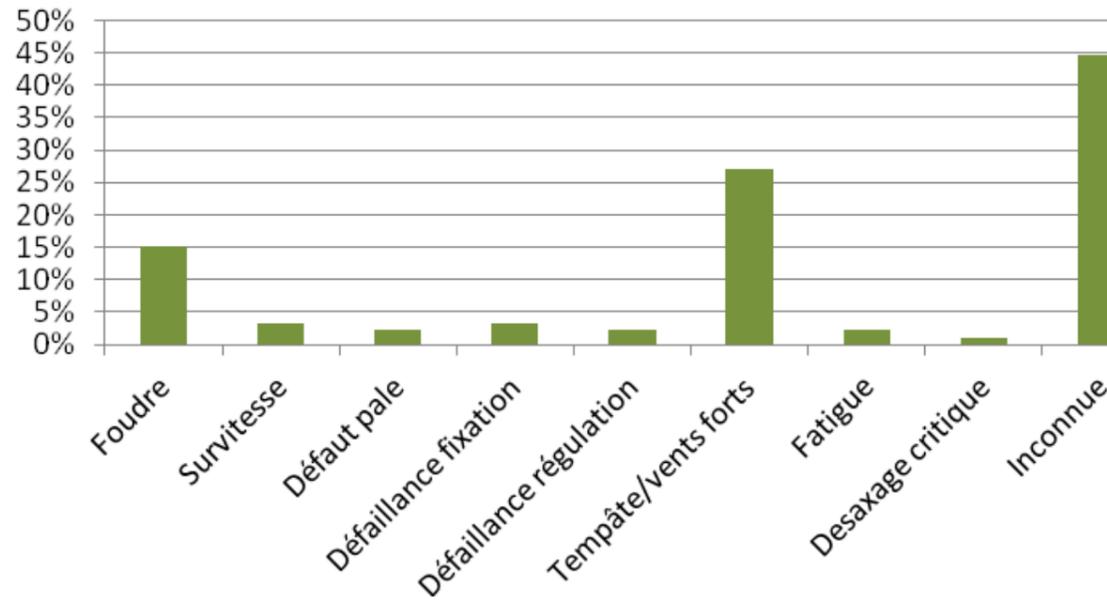


Figure 14 : Répartition des causes premières de rupture de pale

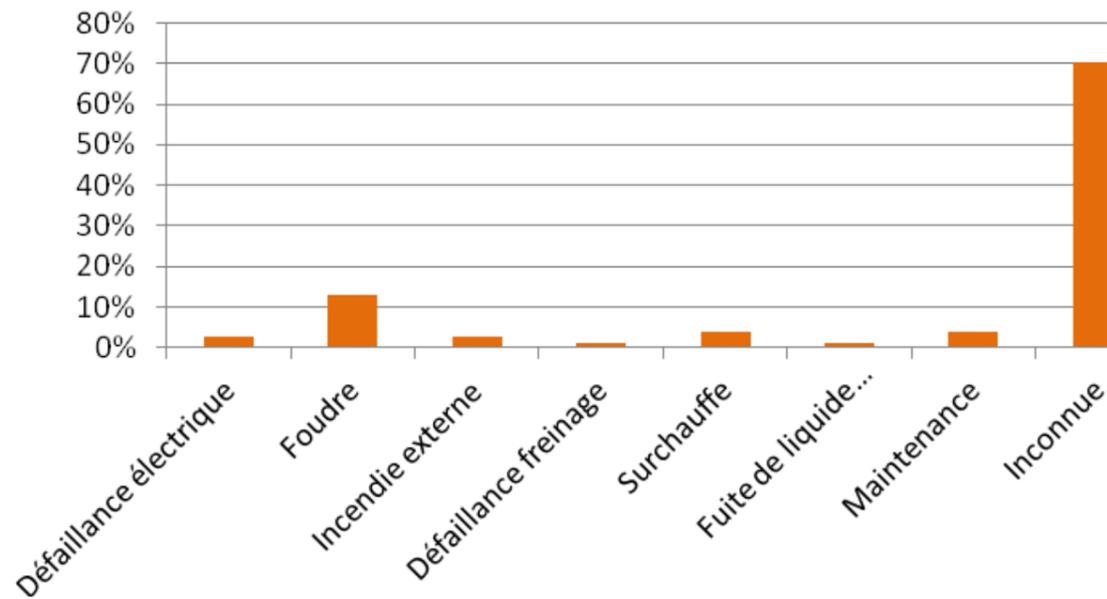


Figure 15 : Répartition des causes premières d'incendie

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.

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

#### 3.5.3.1 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-après 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.

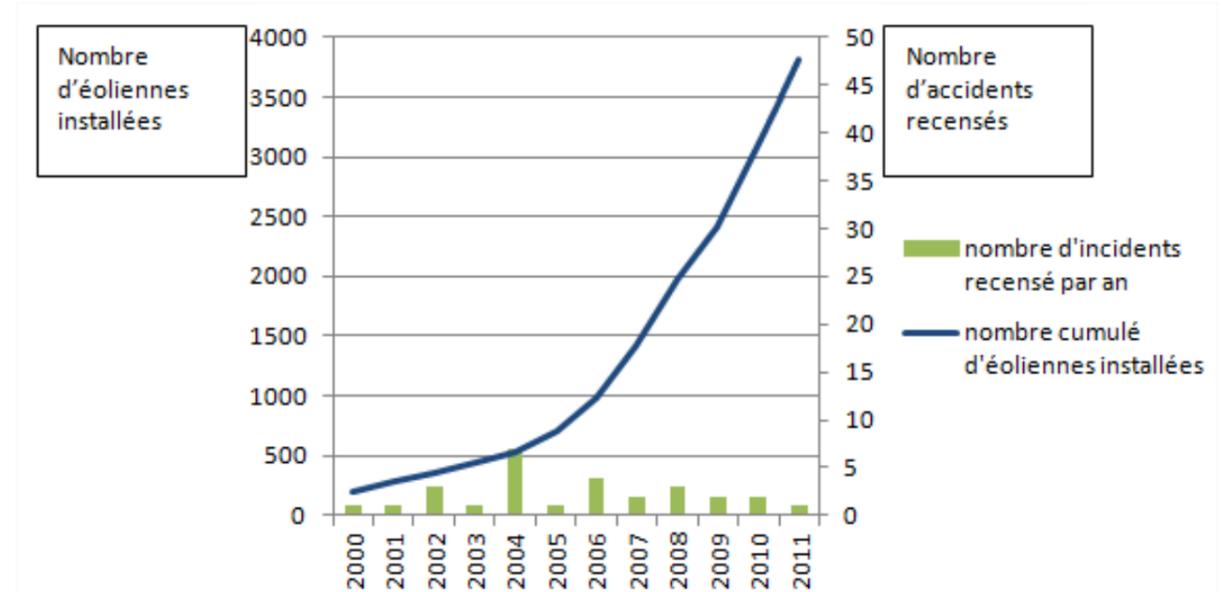


Figure 16 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

Sur la figure précédente, on note bien l'essor de la filière française à partir de 2005 alors que le nombre d'incidents a tendance à rester stable.

#### 3.5.3.2 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

#### 3.5.4 Limites de l'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.



### 3.6 Analyse préliminaire des risques

#### 3.6.1 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 questionnaire 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.

#### 3.6.2 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.

#### 3.6.3 Recensement des agressions externes potentielles

##### 3.6.3.1 Agressions 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-après synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines pour le projet. Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km. Il n'y a pas d'aérodrome dans un périmètre de 2 km autour du site éolien de Plestan.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Objets concernées	Distance par rapport au mât des éoliennes (m)		
					E1	E2	E3
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	Chemins d'exploitation, voies communales, routes départementales et nationales	165	155	135
Chasse	Loisir	Balle perdue sur les parois du mat ou sur les pales	Énergie cinétique de la balle	-	-	-	-
Eoliennes existantes	ICPE	Aucun	Aucun	-	510	520	760
Voie SNCF	Transport	Accident : déraillement ou explosion de matières dangereuses transportées	Energie cinétique du train, surpression, flux thermiques	Voie SNCF	255	255	240

Tableau 10 : Les agressions externes liées aux activités humaines

##### 3.6.3.2 Agressions externes liées aux activités naturelles

Le tableau ci-après 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 9 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 11 : 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.



### 3.6.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

« 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;

« 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

Les différents scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement 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



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement 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
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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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

**Tableau 12 : Résultat d'une analyse des risques**

### 3.6.5 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.

### 3.6.6 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 Plestan. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-après un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test** (fréquence) : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance** (fréquence) : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les 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 <sup>4</sup>		
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.		



Photo 1 : Exemple de signalétique

<sup>4</sup> Non Attribué



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

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.		

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	Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles (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.  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.  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.		
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	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.  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.		



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

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"> <li>La chambre du transformateur</li> <li>Le générateur</li> <li>La cellule haute tension</li> <li>Le convertisseur</li> <li>Les armoires électriques principales</li> <li>Le système de freinage.</li> </ul> <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.</p> <p>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>		



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression</li> <li>2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation)</li> <li>3. Procédure d'urgence</li> <li>4. Kit antipollution</li> <li>5. Bacs de rétention</li> </ol>		
Description	<p>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> <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> <p>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.</p> <p>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> <p>Une procédure en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...)</li> <li>de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas ou Nordex se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde		

	Mise en pause de la turbine < 1 min
Efficacité	100 %
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF. 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 défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	<p>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.)</p> <p>Procédures qualités</p> <p>Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)</p>		
Description	<p>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.</p> <p>Vestas et Nordex 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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	<p>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.</p>		



Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes		
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 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 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 «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.



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

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.

## 3.7 Etude 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.

### 3.7.1 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.

#### 3.7.1.1 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.

#### 3.7.1.2 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.

### 3.7.1.3 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.

Gravité \ Intensité	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 »	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Entre 1 et 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 »

### 3.7.1.4 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)
<b>A</b>	<b>Courant</b> Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
<b>B</b>	<b>Probable</b> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<b>Improbable</b> 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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
<b>D</b>	<b>Rare</b> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<b>Extrêmement rare</b> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

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 :

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

$P_{\text{ERC}}$  = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

$P_{\text{orientation}}$  = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)

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



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

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

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

### 3.7.2 Caractérisation des scénarios retenus

#### 3.7.2.1 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 165 m dans le cas des éoliennes du parc de Plestan II.

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-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Plestan II.

R est la longueur de pale (R=57.3 m), H la hauteur du mât (H=110 m), L la largeur du mât (L=4.3 m) et LB la largeur de base de la pale (LB=3.6 m).

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 <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$(H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$ $Z_i = 782,4 \text{ m}^2$	$Z_e = \pi \times (H+D/2)^2$ $Z_e = 89\,196,8 \text{ m}^2$	0,88%	Exposition modérée

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 1000 personnes exposées : « Désastreux »

Plus de 100 personnes exposées : « Catastrophique »

Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important »

Entre 1 et 10 personnes exposées : « Sérieux »

Moins de 1 personne exposée : « Modéré »

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée.

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.



Effondrement de l'éolienne		Zone artisanale actuelle et future		Chemin existant (incluant les chemins d'accès aux éoliennes existantes, chemin communal, chemin de la ZA)		Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...)		Total
Eolienne	Rayon de la zone d'effet (m)		Personnes exposées	km	Personnes exposées	Surface concernée (ha)	Personnes exposées	Personnes exposées
1	165		3,75	0.07	0,00	5,423	0,06	3,81
2	165		NA	0.114	0,01	8,553	0,09	0,09
3	165		NA	0.171	0,01	8,553	0,09	0,09

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	3,81	Sérieux
E2	0,09	Modérée
E3	0,09	Modérée

▪ Probabilité

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement

7 événements pour 15 667 années d'expérience, 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 Plestan II, 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	Modérée	acceptable
E3	Modérée	acceptable

**Ainsi, pour le parc éolien de Plestan II, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.** Ce phénomène est représenté graphiquement en partie 3.7.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques ».



### 3.7.2.2 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 Plestan II, la zone d'effet a donc un rayon de 58.5 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-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Plestan II.  $Z_i$  est la zone d'impact,  $Z_e$  est la zone d'effet,  $S_G$  est la surface du morceau de glace majorant ( $S_G = 1 \text{ m}^2$ ),  $D$  est le diamètre du rotor ( $D = 117 \text{ m}$ )

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2$ = zone de survol)			
Zone d'impact en $\text{m}^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $\text{m}^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = S_G$ $Z_i = 1 \text{ m}^2$	$Z_e = \pi \times (D/2)^2$ $Z_e = 10\,751,3 \text{ m}^2$	$d = Z_i / Z_e$ $d = 0,01\%$	Exposition modérée

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 »

Plus de 100 personnes exposées : « Catastrophique »

Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important »

Entre 1 et 10 personnes exposées : « Sérieux »

Moins de 1 personne exposée : « Modéré »

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée.

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.



Chute de glace		Zone artisanale	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...)		Total
Eolienne	Rayon de la zone d'effet (m)	Personnes exposées	Surface concernée (ha)	Personnes exposées	Personnes exposées
1	58,5	0,02	0,718	0,01	0,03
2	58,5	NA	1,0751	0,01	0,01
3	58,5	NA	1,0751	0,01	0,01

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	0,03	Modérée
E2	0,01	Modérée
E3	0,01	Modérée

- Probabilité

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

- Acceptabilité

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

Ainsi, pour le parc éolien de Plestan II, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes. Ce phénomène est représenté graphiquement en partie 3.7.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques ».

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.



### 3.7.2.3 Chute d'éléments d'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-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Plestan II.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_i$  la zone d'impact,  $Z_e$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale ( $R=57.3m$ ) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB= 3.6 m$ ),  $D$  est le diamètre du rotor ( $D=117 m$ )

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
$Z_i = R \cdot LB / 2$ $Z_i = 103,14 m^2$	$Z_e = \pi \times (D/2)^2$ $Z_e = 10\,751,32 m^2$	$d = Z_i / Z_e$ $d = 0,96 \%$	Exposition Modérée

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 3.7.1.3.), 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 »

Plus de 100 personnes exposées : « Catastrophique »

Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important »

Entre 1 et 10 personnes exposées : « Sérieux »

Moins de 1 personne exposée : « Modéré »

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée.

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.



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		Zone artisanale		Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...)	Total
		Personnes exposées	Surface concernée (ha)		
Eolienne	Rayon de la zone d'effet (m)				
1	58,5	0,42	0,718	0,01	0,43
2	58,5	NA	1,075	0,01	0,01
3	58,5	NA	1,075	0,01	0,01

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	0,43	Sérieux
E2	0,01	Sérieux
E3	0,01	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 x 10<sup>-4</sup> événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « 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 Plestan II, 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

**Ainsi, pour le parc éolien de Plestan II, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.** Ce phénomène est représenté graphiquement en partie 3.7.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques ».



### 3.7.2.4 Projection de pale ou de fragment de pale

#### ▪ 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-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Plestan II. d est le degré d'exposition, Zi la zone d'impact, Ze la zone d'effet, R la longueur de pale (R=57.3 m), Rp le rayon de projection de pale (Rp=500m) et LB la largeur de la base de la pale (LB=3,6m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Zi = R * LB / 2$ $Zi = 103,14 \text{ m}^2$	$Ze = \pi \times Rp^2$ $Ze = 785\,398 \text{ m}^2$	0,01%	Exposition modérée

#### ▪ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues 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 »

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée.

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.



## PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

Projection de pale ou de fragment de pale		Voie Ferrée			Zone artisanale	Chemin existant (incluant les chemins d'accès aux éoliennes existantes, chemin communal, chemin de la ZA)		RD712		Routes structurantes RN176			Routes structurantes RN12			Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...)		Total
		Eolienne	Rayon de la zone d'effet (m)	Trafic par jour	km	Personnes exposées	Personnes exposées	km	Personnes exposées	km	Personnes exposées	Trafic	km	Personnes exposées	Trafic	km	Personnes exposées	Surface concernée (ha)
1	500	60	0.857	20.57	186.05	2.2	0.11	0.58	0.03			NA	50000	0.5	100.00	57.46	0.57	307,33
2	500	60	0.874	20.98	8.83	1.12	0.06	0.3	0.02			NA	50000	0.1	20.00	75.43	0.75	50,63
3	500	60	0.895	21.48	NA	1.18	0.06	0.3	0.02	25000	0.27	27.00			NA	77.94	0.78	49,33

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	307,33	Catastrophique
E2	50,63	Important
E3	49,33	Important



## ▪ 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]	$1 \times 10^{-6}$	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
- 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 « D », le risque de projection d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1000 dans la zone d'effet. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Plestan II, 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	Catastrophique	acceptable
E2	Important	acceptable
E3	Important	acceptable

**Ainsi, pour le site éolien de Plestan II, 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 3.7I.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques ».

**Pour ce scénario, le seuil critique d'acceptabilité est la présence de 1000 équivalent personnes permanentes. Dans ce présent cas, le nombre de personne le plus haut calculé est de 307. A noter que ce nombre est majoré. En effet, sur la RN 12, nous avons tenu compte d'un trafic de 50000 véhicule/jour alors qu'en réalité il est de 40282. En termes de circulation ferroviaire, nous avons pris en compte la fourchette haute (60 trains/jour au lieu de 50 trains/jour). Concernant la zone d'activité, nous avons tenu compte également des salariés dont les chantiers sont généralement situés à l'extérieur de la ZA (exemple avec l'entreprise Charpente Moisan<sup>5</sup>, spécialisée dans la maçonnerie générale).**

**A titre d'exemple, si on considère simultanément les hypothèses suivantes :**

- Un doublement du trafic de la RN 12 (100 000 véhicules/jour)
- Un doublement du trafic ferroviaire (120 trains/jour), soit un train tous les 12 minutes, nuit et jour
- Un doublement du nombre de salarié dans les 500 mètres autour de l'éolienne (passage de 186 salariés à 372 salariés)

**Le nombre d'équivalent personnes permanentes serait alors de 613.**

**En conclusion, il est difficile d'atteindre le seuil critique malgré des hypothèses ambitieuses.**

<sup>5</sup> <http://www.constructions-moisan.com/>



### 3.7.2.5 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 :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor). Dans le cas présent, la zone d'effet sera égale à 1.5\*(106+117) = 334.5 mètres

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 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène. Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du site éolien de Plestan II. d est le degré d'exposition, Zi la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R=57.3m), H la hauteur au moyeu (H=110m), D le diamètre du rotor (D=117 m) et SG la surface majorante d'un morceau de glace

.Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R <sub>PG</sub> = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Zi = SG Zi = 1m <sup>2</sup>	Ze = π x (1,5*(H+D)) <sup>2</sup> Ze = 364 237,04 m <sup>2</sup>	0.0003%	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.

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

Les tableaux suivants indiquent, 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		Zone artisanale	Chemin existant (incluant les chemins d'accès aux éoliennes existantes, chemin communal, chemin de la ZA)		Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...)		Total
			Personnes exposées	km	Personnes exposées	Personnes exposées	
Eolienne	Rayon de la zone d'effet (m)	Personnes exposées	km	Personnes exposées	Surface concernée (ha)	Personnes exposées	Personnes exposées
1	334,50	3,10	0,748	0,04	24,73	0,25	3,39
2	334,50	NA	0,612	0,03	35,05	0,35	0,38
3	334,50	NA	0,568	0,03	35,05	0,35	0,38

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R <sub>PG</sub> = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne = 330 m)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	3,39	Sérieux
E2	0,38	Modérée
E3	0,38	Modérée

#### ▪ Probabilité

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

les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 ;

le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;

**Une probabilité forfaitaire B « Événement probable » est proposé pour cet évènement.**



## Acceptabilité

Selon le guide de l'étude de dangers, avec une classe de probabilité « B », le risque de projection morceaux de glace 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 Plestan II, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du site éolien de Plestan II, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne = 330 m)			
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	Modérée	Oui	acceptable
E3	Modérée	Oui	acceptable

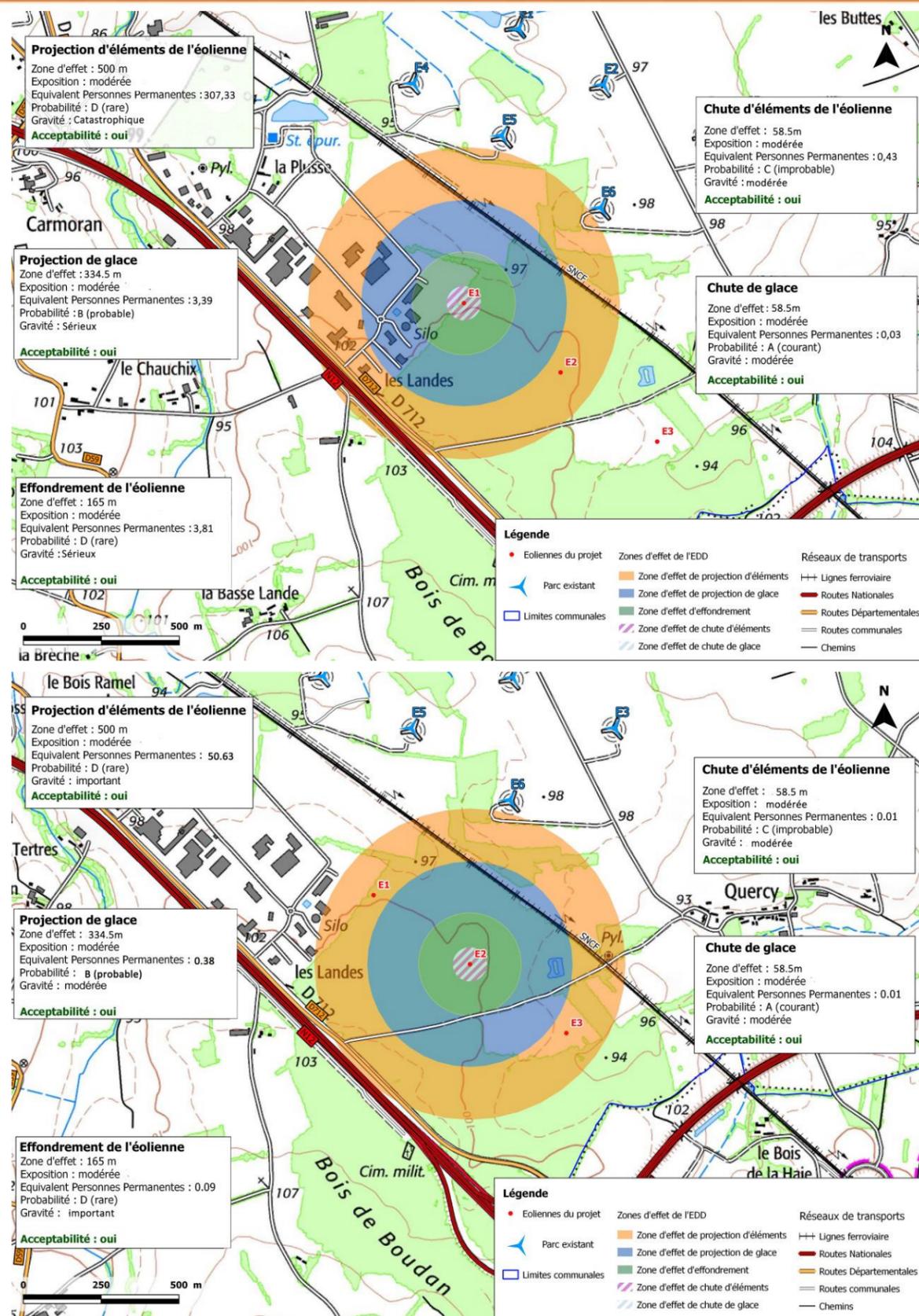
Ainsi, pour le site éolien de Plestan II, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes. Ce phénomène est représenté graphiquement en partie 3.7.3.2 « Synthèse de l'acceptabilité des risques ».

### 3.7.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

#### 3.7.3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

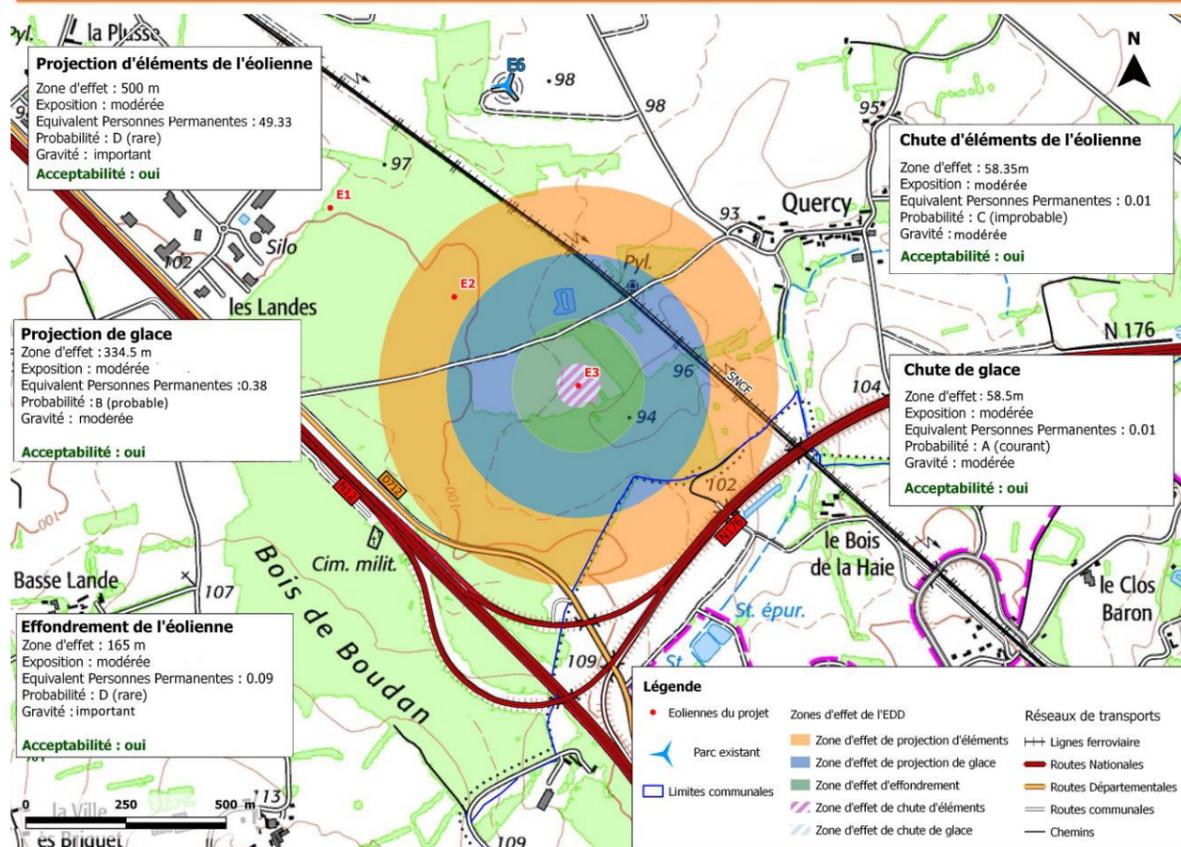
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale soit 165 m.	Rapide	exposition modérée	D	Sérieux pour E1 Important pour E2 et E3
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (58.5m)	Rapide	exposition modérée	C	Modérée pour les 3 éoliennes
Chute de glace	Zone de survol (58.5m)	Rapide	exposition modérée	A	Modérée pour les 3 éoliennes
Projection de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D	Catastrophique pour E1 Important pour E2 et E3
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne soit 334.4 m	Rapide	exposition modérée	B	Sérieux pour E1 Modérée pour E2 et E3

Ci-après, les cartographies de synthèse présentent les résultats pour chacune des trois éoliennes.





## PARTIE 5 – PIECE N°2 ETUDE DE DANGERS



### 3.7.3.2 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-après vous trouverez donc la matrice de criticité, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée.

Récapitulatif					
Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique		<b>Projection de pale E1</b>			
Important		<b>Projection de pale E2 et E3</b>			
Sérieux		<b>Effondrement d'éolienne E1</b>		<b>Projection de glace E1</b>	
Modérée		<b>Effondrement d'éolienne E2 et E3</b>	<b>Chute d'élément de l'éolienne E1, E2, E3</b>	<b>Projection de glace E2, E3</b>	<b>Chute de glace E1, E2 et E3</b>

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

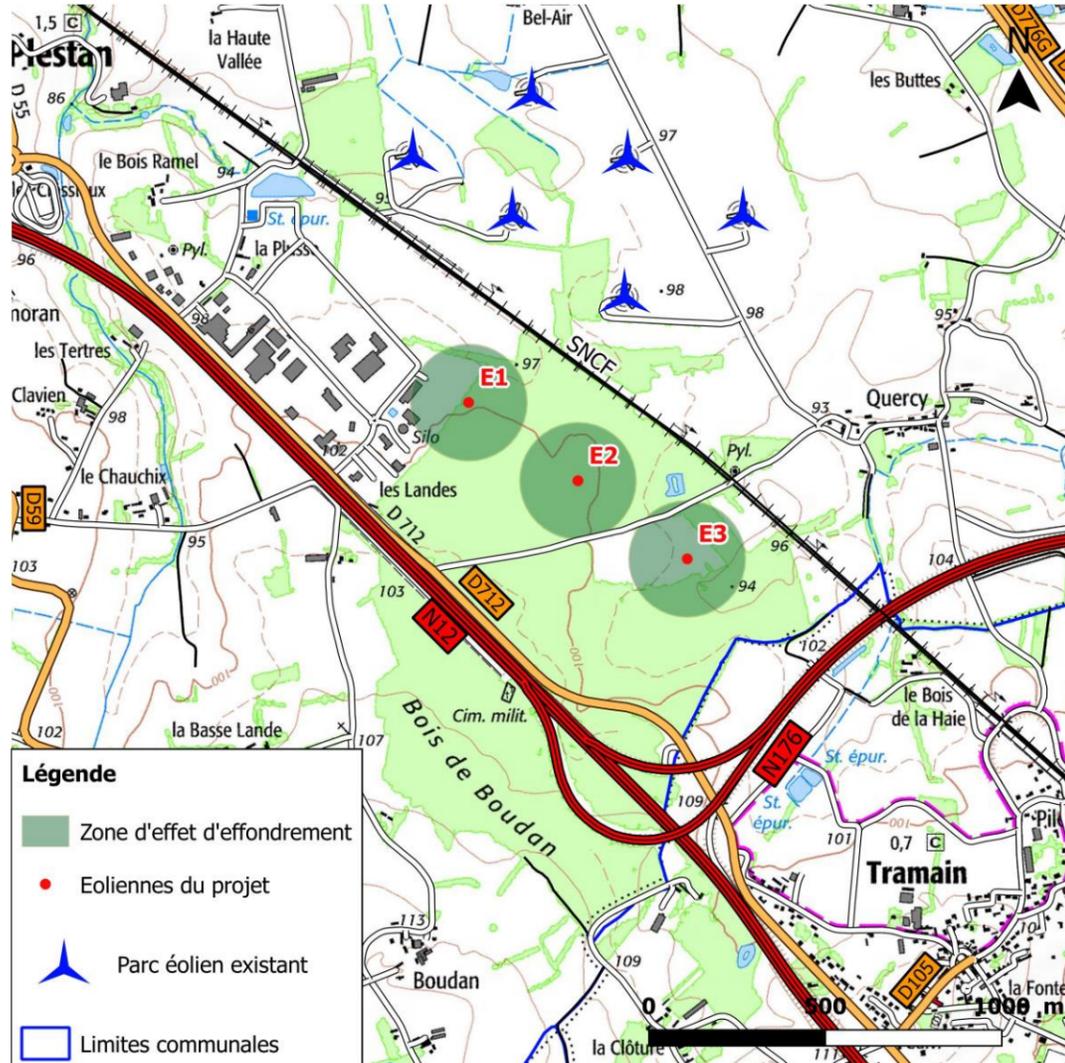
certaines accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 sont mises en place.

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 site éolien de Plestan II est acceptable.



## 3.7.3.3 Cartographie des risques

### ▪ Effondrement de l'éolienne



Ce scénario a une cinétique rapide.

La zone d'effet afférente à ce scénario est de 165 mètres autour de chaque éolienne.

Cela concerne environ 3,81 équivalents personnes permanentes pour E1 et 0,09 équivalents personnes permanentes pour E2 et E3

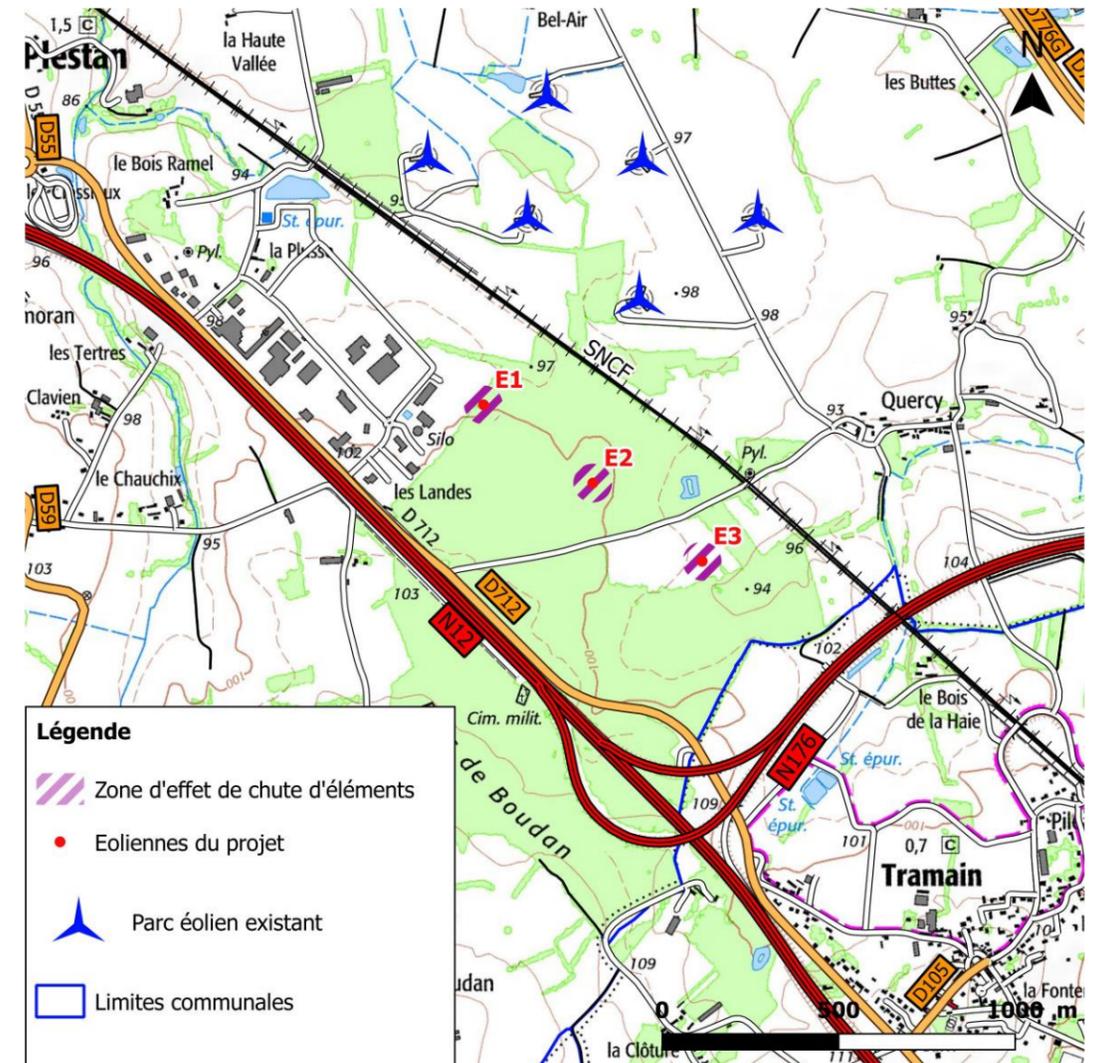
En termes d'intensité, l'exposition est modérée.

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 modérée à sérieuse.

Le risque est acceptable pour E1, E2 et E3.

### ▪ Chute d'élément de l'éolienne



Ce scénario a une cinétique rapide.

La zone d'effet afférente à ce scénario est de 58,5 mètres et concerne 0,43 équivalents personnes permanentes pour E1, et 0,01 équivalents personnes permanentes pour E2 et E3.

En termes d'intensité, l'exposition est modérée.

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.»).

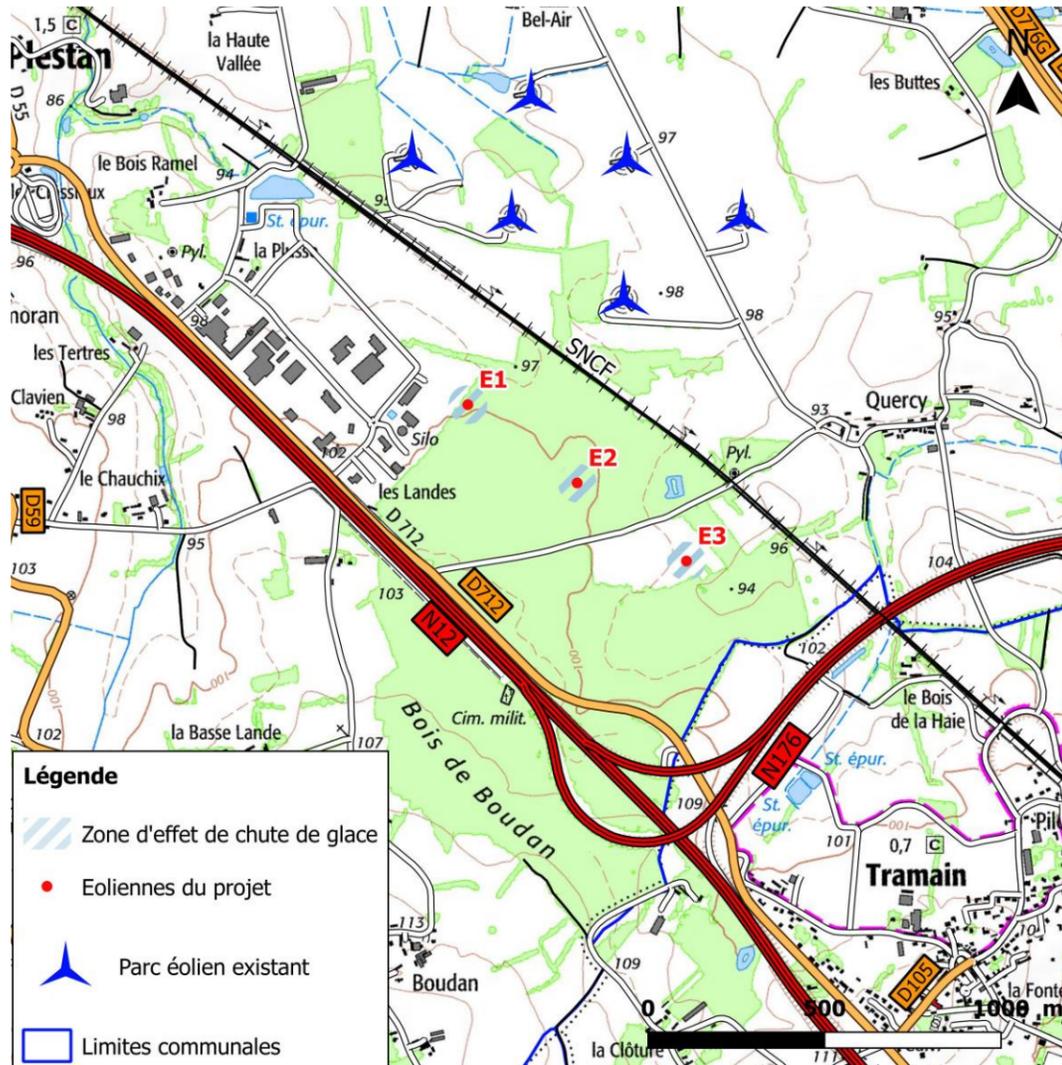
La gravité de ce scénario est qualifiée de modérée.

Le risque est acceptable pour E1, E2 et E3.



# PARTIE 5 – PIECE N°2 ETUDE DE DANGERS

## ▪ Chute de glace



Ce scénario a une cinétique rapide.

La zone d'effet afférente à ce scénario est de 58,5 mètres et concerne 0,03 équivalents personnes permanentes pour E1, et 0,01 équivalents personnes permanentes pour E2 et E3.

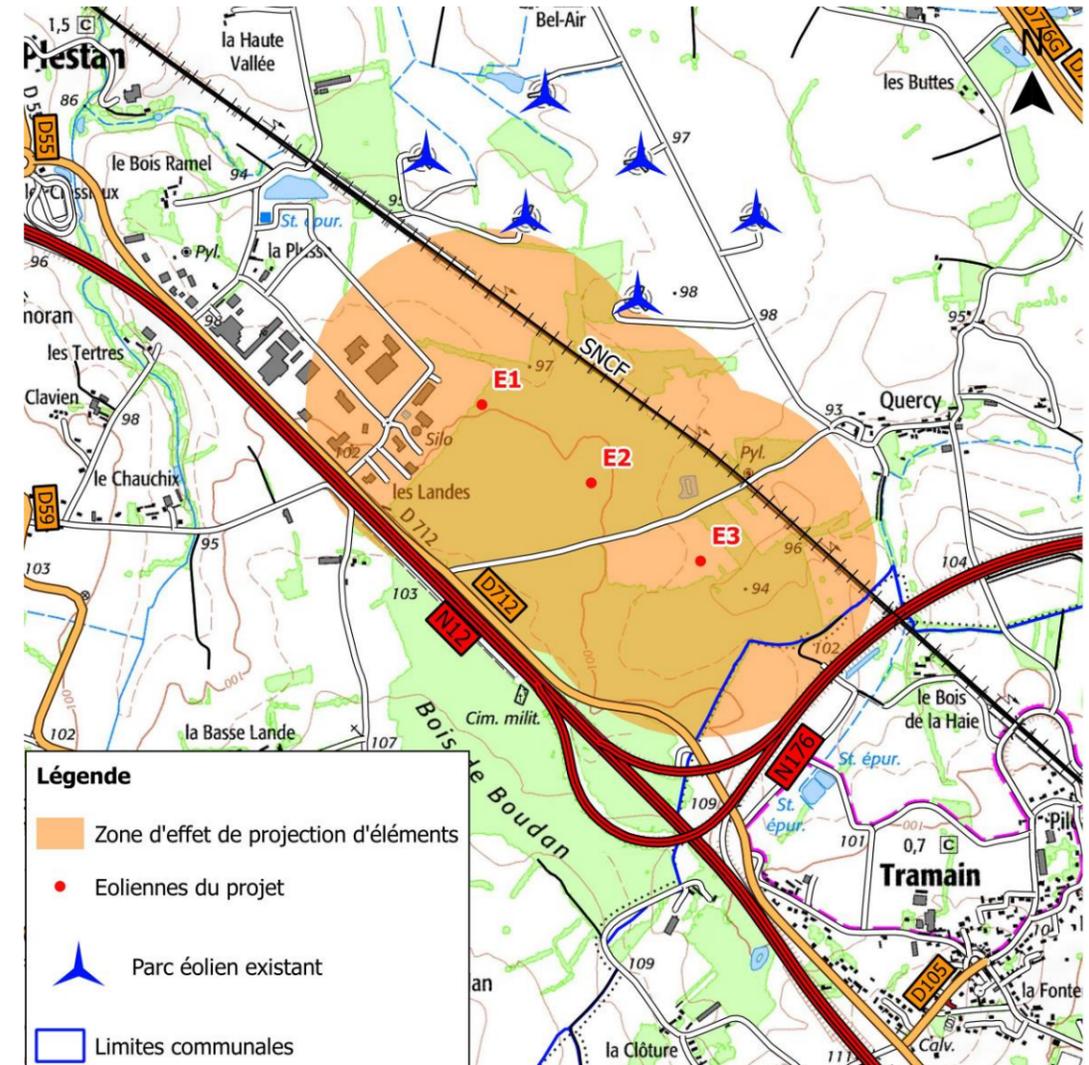
En termes d'intensité, l'exposition est modérée.

La probabilité d'occurrence de ce scénario est de A.

La gravité de ce scénario est qualifiée de modérée.

Le risque est acceptable pour E1, E2 et E3.

## ▪ Projection de pale ou de fragment de pale



Ce scénario a une cinétique rapide.

La zone d'effet afférente à ce scénario est de 500 mètres et concerne au maximum environ 307,33 équivalents personnes permanentes, 50,63 équivalents personnes permanentes pour E2 et 49,33 équivalents personnes permanentes pour E3.

En termes d'intensité, l'exposition est modérée.

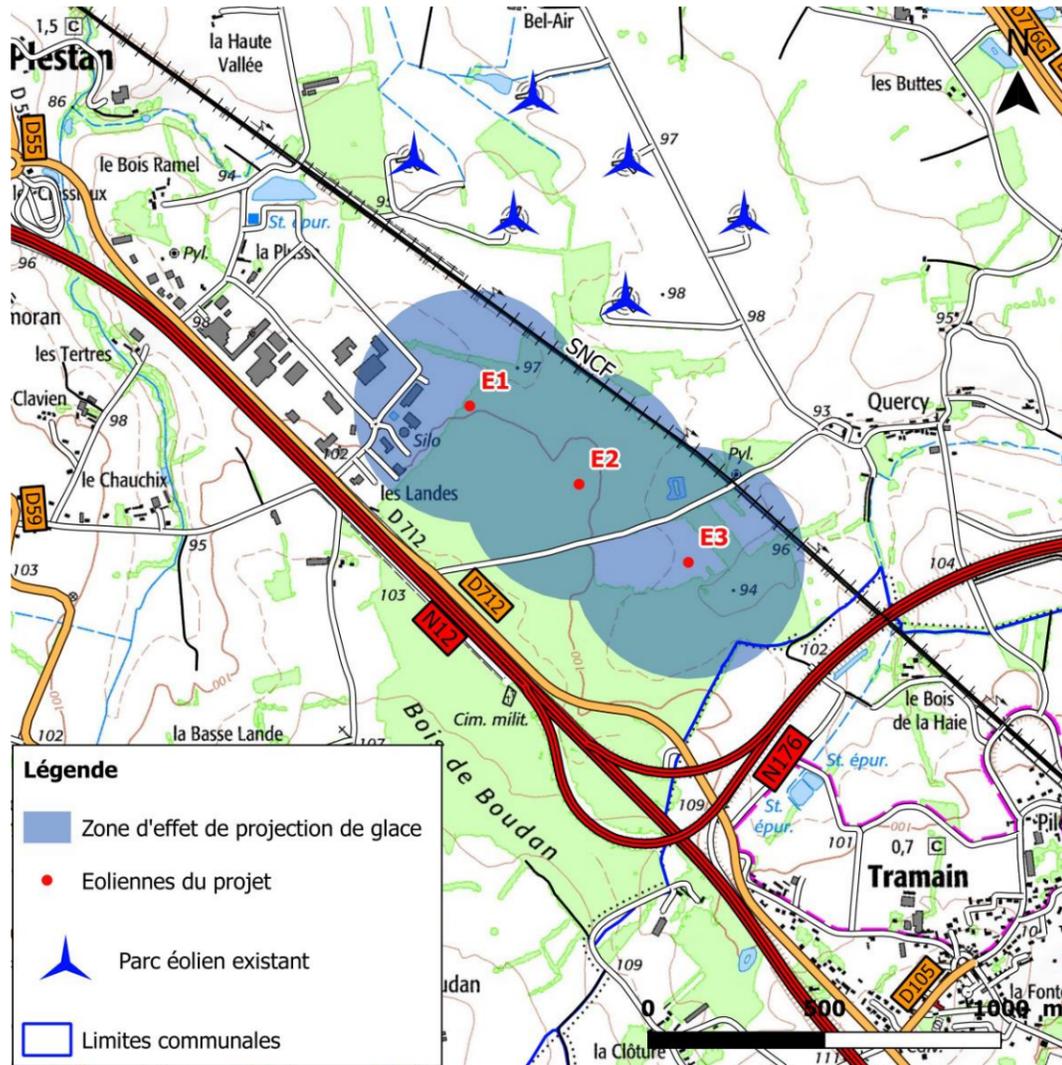
La probabilité d'occurrence de ce scénario est de D.

La gravité de ce scénario est qualifiée de catastrophique à importante.

Le risque est acceptable pour E1, E2 et E3.



Projection de glace



Ce scénario a une cinétique rapide.

La zone d'effet afférente à ce scénario est 334,5 mètres et concerne 3,39 équivalents personnes permanentes pour E1, 0,38 équivalents personnes permanentes pour E2 et E3.

En termes d'intensité, l'exposition est modérée.

La probabilité d'occurrence de ce scénario est de B

La gravité de ce scénario est qualifiée de modérée à sérieux.

Le risque est acceptable pour E1, E2 et E3.

## 3.8 Demande d'Approbation du Projet d'Ouvrage de la ligne électrique souterraine (20 KV) et du poste de livraison au titre de l' Art R.323-40 du code de l'Energie

Le projet de Plestan II est soumis à l'approbation du projet d'ouvrage pour le réseau de câbles inter-éoliennes et le poste de livraison en application de l'article R. 323-40 du code de l'énergie. Il répond aux dispositions des articles R. 323-26, R. 323-27, R. 323-28, R.323-29, R. 323-30 à R. 323-35, R. 323-38, R. 323-39 et R. 323-43 à R. 323-48

### 3.8.1 Notice explicative

#### 3.8.1.1 - Présentation générale du projet

IEL Exploitation 20 porte un projet éolien située sur la commune de Plestan dans le département des Côtes d'Armor (22). Ce projet éolien consiste à implanter 3 éoliennes ; deux constructeurs ont été présélectionnés.

Constructeur	VESTAS	NORDEX
Modèle d'éolienne envisagé	V110	N117
Design de la nacelle		
Puissance nominale	2 MW	3.6 MW
Hauteur au moyeu	110 mètres	106 mètres
Diamètre du rotor	110	117
Hauteur hors tout	165mètres	164 mètres

Le site est un milieu artificialisé où l'agriculture et la sylviculture sont présentes.

Le chemin communal utilisé pour l'activité agricole sera utilisé pour l'acheminement des éoliennes. Quelques chemins d'accès, sur des distances relativement courtes, seront créés afin de permettre la circulation des engins de transport et de levage jusqu'aux emplacements prévus.

Le poste de livraison (PDL) électrique aura d'une dimension externe d'environ 9 mètres de longueur, 2,5 mètres de largeur, et 2,80 mètres au-dessus du sol ; le poste de livraison contiendra toutes les armoires électriques.



## PARTIE 5 – PIECE N°2 ETUDE DE DANGERS

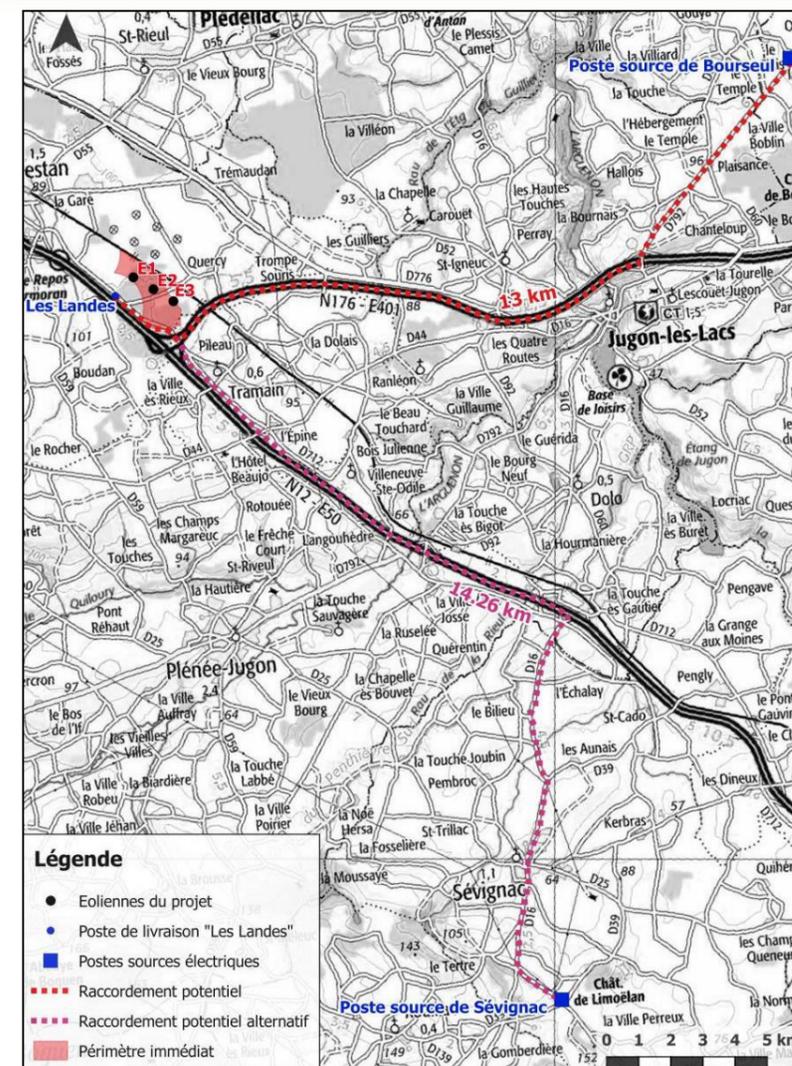
Le raccordement intra-site sera réalisé par des spécialistes de la Voirie Réseau Distribution (VRD) et du génie électrique. Les câbles seront enterrés à 1,10m minimum avec sablage (ou enrubannage géotextile). La terre végétale sera préalablement décapée puis remise en place après intervention. Par ailleurs, nous avons consulté les gestionnaires de réseaux suivantes Orange, SFR, Syndicat départemental de l'énergie des Côtes d'Armor (SDE22), ERDF, SAUR, Numéricable-SFR et Armor Connectic ; ainsi nous nous sommes assuré que nos réseaux enterrés n'interféreraient pas avec les réseaux existants.

Le raccordement au poste source électrique se fait en souterrain le long des chemins d'accès aux éoliennes. Les éoliennes seront raccordées par une liaison enterrée à 110 cm de profondeur. Dans le cadre du présent projet, un poste de livraison a été prévu. Il sera situé au lieu-dit « Les Landes », à proximité de la route départementale 712, au sud de E1.

Dans le cadre de ce projet, les travaux de raccordement électrique ne comprennent pas la construction des stations de transformation aux pieds des éoliennes puisque celles-ci sont intégrées dans chaque mât.

Pour ce qui est du tracé du câblage, celui-ci empruntera en priorité les chemins d'accès créés et existants ainsi que les parcelles pour lesquelles un accord foncier a été trouvé avec les propriétaires et les exploitants.

Le poste de livraison sera raccordé soit par piquage sur une ligne 20 000 volts existante, soit relié au poste électrique de Sévignac ou de Bourseul via un câble enterré. Cette tâche sera réalisée par ERDF et financée par IEL Exploitation 20. Ce tracé sera connu précisément suite à l'obtention de la proposition technique et financière fourni par ERDF qui peut être demandée seulement après l'autorisation du parc éolien. Néanmoins, vous trouverez ci-après le tracé possible du raccordement.



Le câblage téléphonique sera également installé en bordure de chemins d'accès et ce à une profondeur approximative d'un mètre. On note que ce câblage empruntera le même parcours que le câble électrique enterré, diminuant ainsi l'impact induit.

Les détails des éléments en relation avec les câbles et le poste de livraison sont consultables dans le dossier ICPE aux chapitres et pages indiqués dans le tableau ci-après :

Informations	Etude d'impact
Hydrographie	Section VII
Faune - Flore	Section III
Carte de synthèse des enjeux	Section II
Servitudes	Section II
Paysage (poste de livraison)	Section IV



## 3.8.1.2 Description technique des ouvrages électriques et du poste de livraison (ouvrages privés)

### 3.8.1.2.1 Généralités :

- Nature de l'ouvrage : [réseau souterrain](#)
- Nature des canalisations : [réseau HTA et Fibre Optique](#)
- Catégorie : [2<sup>ème</sup> \(au sens du décret n°82-167 du 16 Février 1982\)](#)
- Tension de service : [20 000 V](#)
- longueur électrique (longueur totale du câble) et géographique (on enlève les remontées aéro-souterraines vers poste de livraison et unité de production = longueur des tranchées)

Câble	Sous voies publiques ou accotement (m)	En domaine privé (autre que voie) (m)	Total (m)
Longueur électrique	1604	786	2390
Longueur géographique	1604	646	2250

- Description du système de distribution :

1) - Définition du système et description générale de la distribution (nature de la tension, nombre de fils, existence ou non de lignes de tensions différentes de sous-stations, poste de livraison, etc...)	<p>Réseau électrique interne en HTA : <b>20kV</b> Réseau de communication interne : <b>FO</b></p> <p><u>3 circuits électriques reliés au PDL :</u> 1 circuit pour un transit maximal de 3.6MW 1 circuit pour un transit maximal de 3.6MW 1 circuit pour un transit maximal de 3.6MW</p> <p><u>3 circuits de communication reliés au PDL :</u> 1 circuit vers E1 1 circuit vers E2 1 circuit vers E3</p>
2°) - Caractéristique maximales de l'ouvrage	<p>Puissance active maximale de sortie : <b>10 800 kW</b></p>
3) - Transformateurs, emplacement, puissance	<p>Les transformateurs présents dans chaque éolienne sont <b>situés en nacelle</b> <u>Au total :</u> <b>3 transformateurs de 3960 kVA max chacun</b></p>
4) - Poste de livraison	<p><u>Poste de livraison équipé de 6 cellules HT :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 cellule arrivée réseau ERDF</li> <li>- 1 cellule comptage (transformateurs de tensions)</li> <li>- 1 cellule de protection générale avec le disjoncteur principal et l'automate de protection</li> <li>- 1 cellule départ injection (filtre)</li> <li>- 1 cellule arrivée injection (filtre)</li> <li>- 1 cellule départs vers les 3 circuits connectés au PDL (E1, E2 et E3)</li> </ul> <p>Le poste de livraison abrite également le SCADA du parc (système de supervision et d'acquisition de données) auquel sont reliées toutes les éoliennes par le biais du réseau FO.</p>



- Renseignements sur la distribution :

Tronçon	Longueur géographique du tronçon	Commune	Voies publiques empruntées (Désignation de la voie)	Voies privées empruntées (section et numéros)	Domaines privés empruntés (section et numéros)	Observations
E2 – E3 95 mm <sup>2</sup> Al	370m	PLESTAN	Chemin communal rural N°113		B 1298 ZL 85	En plein champ
E3 – PDL 150 mm <sup>2</sup> Al	1 100m	PLESTAN	Chemin communal rural N°113 et RD 712		ZL 85 B 1607	En accotement de voirie
E1-PDL 150 mm <sup>2</sup> Al	780m	PLESTAN	Chemin de la zone d'activité		ZL 1607	En accotement de voirie

	Classe C2 Anti-termite Etanchéité AD8
6 – Profondeur et pose du câble <ul style="list-style-type: none"> <li>Sous accotement</li> <li>En plein champ</li> </ul>	Pose du câble HTA : pleine terre Pose de la FO <sup>6</sup> : sous fourreau PVC 0,8m sous accotement 1,2m en plein champ
7 – Profondeur et pose du câble sous chaussée	Uniquement en traversée de voie privée Pose du câble : sous fourreau 1,2m sous chaussée
8 – Protection	Enterrabilité Directe Renforcée (EDR) →Surgaine PE
9 – Tranchées	Tranchées ouvertes sur toute la longueur du tracé Pose câble pleine terre, sans sable ni géotextile Pose de la FO <sup>1</sup> sous fourreau PVC

### 3.8.1.2.2 Le câble / les câbles

- Détails techniques

A - Support	
1 – Nature et type des supports	Néant
2 – Nature et type des armements	Néant
3 – Distance maximum entre 2 supports consécutifs	Néant
4 - Distance moyenne entre 2 supports consécutifs	Néant
B – Isolateur	
1 – Nature	Néant
2 – Type	Néant
C – Conducteurs aériens	
1 – Nature du métal	Néant
2 – Section des conducteurs en mm	Néant
3 – Section et nature du conducteur de terre	Néant
D – Conducteurs souterrains	
1 – Type de câble	NF C 33-226 12/20 (24) kV- EDR
2 – Nature de l'âme des conducteurs	Aluminium
3 – Nombre, disposition et section des conducteurs	3 conducteurs, assemblage torsadé, section du conducteur unique : 95mm <sup>2</sup> , ou 150mm <sup>2</sup> (selon tronçon du circuit), toron constitué de 19 à 37 fils selon section
4 – Nature des couches isolantes	Isolation XLPE Gaine extérieure PE
5 – Caractéristique du câble	Tension de service : 20kV

<sup>6</sup> FO : Fibre Optique



# PARTIE 5 – PIECE N°2 ETUDE DE DANGERS

- Description du câble avec schéma (ou fiche descriptive)

Voir exemple de fiche technique ci-après pour un câble de section 95mm<sup>2</sup>.



**Contact**  
Nexans France  
Téléphone: 33 4 74 32 16 00  
contact.fr@nexans.com

**NF C 33-226 12/20 (24) kV**  
C 33-226 12/20 (24) kV 3x1x95 N/G C2 RT  
Code article Nexans: **10163508**  
Référence pays: 01248987  
EAN 13: 3427680034836

Câble MT aluminium type NF C33-226

---

**Description**

**Utilisation**  
Le câble NF C 33-226 est destiné à la distribution publique moyenne tension HTA 12/20 kV.  
Il est classé AD8 au sens de la norme NF C 13-200 (eau douce < 0.2 bar)  
La gaine extérieure du câble est résistante aux termites.



**Description**  
Il peut être constitué de 3 conducteurs de phase assemblés en torsade.  
L'écran aluminium est prévu pour écouler à la terre les courants de court-circuit du réseau EDF, à savoir 1000 A pendant 1 seconde pour les réseaux souterrains.

**Variantes**  
Nous sommes en mesure de fournir sur demande des câbles type NF C 33-226 avec les variantes suivantes :

- Ame cuivre
- Tension différente
- Section différente
- Conducteur de terre
- Ecran aluminium d'épaisseur renforcée
- Câble non propagateur de la flamme (NF C 32-070 C2)
- Torsade
- Protection polyéthylène pour Enterrabilité Directe Renforcée (EDR) en torsade.



**Normes**  
Nationales NF C 33-226



Flexibilité de l'âme  
Câblée classe 2



Tension de service nominale  
Uo/U (Um)  
12 / 20 (24) kV



Flexibilité du câble  
Rigide



Résistance mécanique aux chocs  
Bonne



Admissible traction load max.  
855 daN



Temp. installation plage  
-10 .. 50 °C



Non propagateur de la flamme  
C2, NF C 32-070



Résistance aux intempéries  
Très bonne

Généré le 04/02/15 Créé pour Vincent Louâpre - <http://www.nexans.fr> Page 1 / 3

Toutes les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.



**Contact**  
Nexans France  
Téléphone: 33 4 74 32 16 00  
contact.fr@nexans.com

**NF C 33-226 12/20 (24) kV**  
C 33-226 12/20 (24) kV 3x1x95 N/G C2 RT  
Code article Nexans: **10163508**

**Caractéristiques**

Caractéristiques de construction	
Nature de l'âme	Aluminium
Flexibilité de l'âme	Câblée classe 2
Forme de l'âme	Câblée circulaire
Matière du semi-conducteur intérieur	Semi-conducteur extrudé
Isolation	XLPE (chemical)
Matière du semi-conducteur extérieur	Elastomère extrudé cannelé pelable
Matière constituant l'étanchéité longitudinale	Poudre gonflante
Ecran	ALU/PET tape screening foil
Gaine extérieure	PE
Couleur de la gaine	Noire + 2 liserés gris
Protection	Aucune
Caractéristiques dimensionnelles	
Section du conducteur	95 mm <sup>2</sup>
Nombre de conducteurs	3
Nombre de fils par toron	19
Diamètre du conducteur (mm)	11,3 mm
Diamètre sur isolation	24,1 mm
Diamètre maximal sur isolation	25,4 mm
Épaisseur moyenne de l'isolant (mm)	5,5 mm
Épaisseur de l'écran	150 µm
Épaisseur de la gaine	2,5 mm
Diamètre externe nominal (mm)	67,3 mm
Diamètre approximatif de la torsade	67,3 mm
Masse approximative	2821 kg/km
Caractéristiques électriques	
Tension de service nominale Uo/U (Um)	12 / 20 (24) kV
Résistance inductive à 50 Hz	0,12 Ohm/km
Capacité approx. des conducteurs de phase	0,21 µF / km
Résistance ohmique max. du conducteur à 20°C	0,32 Ohm/km
Inductance nominale	0,39 mH/km
Résistance de l'âme en courant alternatif à 90°C - pose à plat	0,411 Ohm/km
Chute de tension en tri-phasé	0,73 V/A.km
Caractéristiques mécaniques	
Flexibilité du câble	Rigide
Résistance mécanique aux chocs	Bonne
Force de traction maximale admissible	855 daN



Flexibilité de l'âme  
Câblée classe 2



Tension de service nominale  
Uo/U (Um)  
12 / 20 (24) kV



Flexibilité du câble  
Rigide



Résistance mécanique aux chocs  
Bonne



Admissible traction load max.  
855 daN



Temp. installation plage  
-10 .. 50 °C



Non propagateur de la flamme  
C2, NF C 32-070



Résistance aux intempéries  
Très bonne

Généré le 04/02/15 Créé pour Vincent Louâpre - <http://www.nexans.fr> Page 2 / 3

Toutes les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.





**Contact**  
Nexans France  
Téléphone: 33 4 74 32 16 00  
contact.fr@nexans.com

**NF C 33-226 12/20 (24) kV**  
C 33-226 12/20 (24) kV 3x1x95 N/G C2 RT

Caractéristiques d'utilisation	
Température ambiante lors de l'installation, plage	-10 .. 50 °C
Non propagateur de la flamme	C2, NF C 32-070
Résistance aux intempéries	Très bonne
Anti-termite	Oui
Rayon de courbure minimum en utilisation statique	700 mm
Étanchéité	AD8

**Information de livraison**

**Marquage**  
NEXANS - n° usine - NF C 33-226 FR-N20XA8E-AR - section - Al - 12/20 (24) kV - année - mois - type de notice d'installation - G épaisseur de gaine - So épaisseur du semi-conducteur - EC épaisseur de l'écran - C2 RT température d'installation

Repérage des phases : 1, 2, 3 marqué en hélice.

La torsade porte un repérage métrique sur la gaine d'une phase, ainsi qu'un repère de traçabilité.

 Flexibilité de l'âme Câblée classe 2	 Tension de service nominale Uo/U (Um) 12 / 20 (24) kV	 Flexibilité du câble Rigide	 Résistance mécanique aux chocs Bonne	 Admissible traction load max. 855 daN	 Temp. Installation, plage -10 .. 50 °C	 Non propagateur de la flamme C2, NF C 32-070	 Résistance aux Intempéries Très bonne
---	--	---	--	---	---	--	---

Généré le 04/02/15 Créé pour Vincent Louâpre - <http://www.nexans.fr> Page 3 / 3

Toutes les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.

- Mise en place du câble inter-éoliennes au poste de livraison avec les coupes types des tranchés (en terrain privé, sous accotement, en traversé de voirie en fonction de la nature de la voie) et/ou du forage dirigé (attention si la technique du forage dirigé est utilisée préciser quelle maîtrise des boues est envisagée pour éviter les pollutions)

La mise en place du câble HTA au PDL se fera par confection de têtes de type NKTCB24/630 raccordées au niveau des cellules HT.

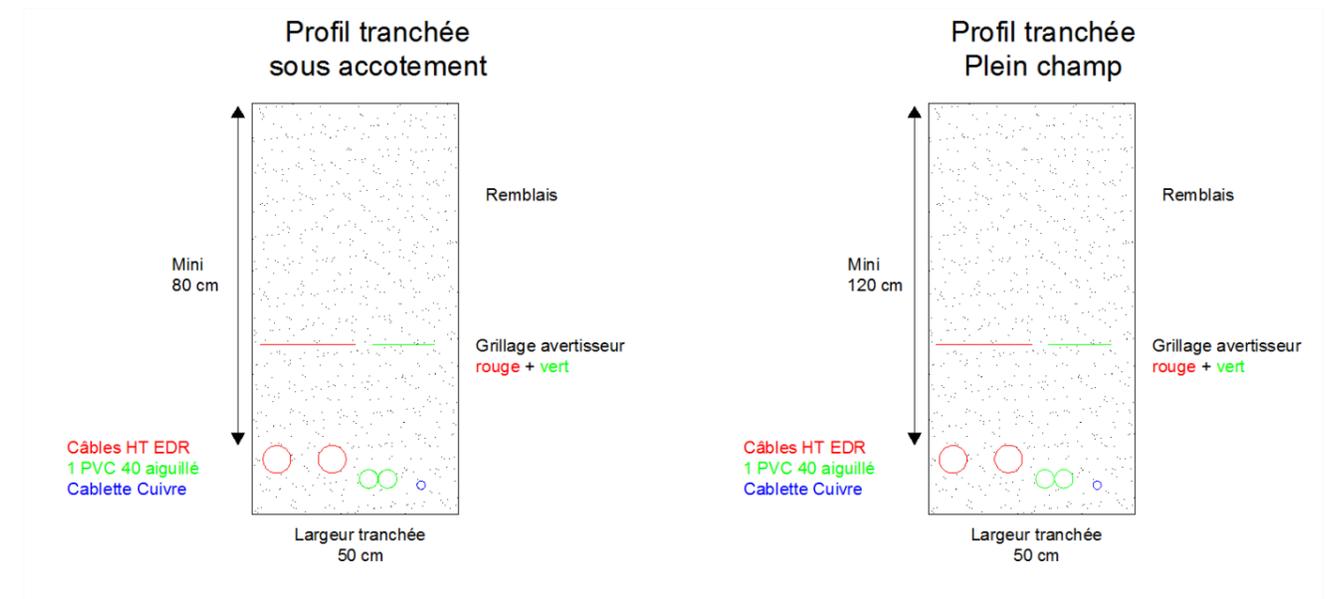


Têtes de câbles NKTCB24/630

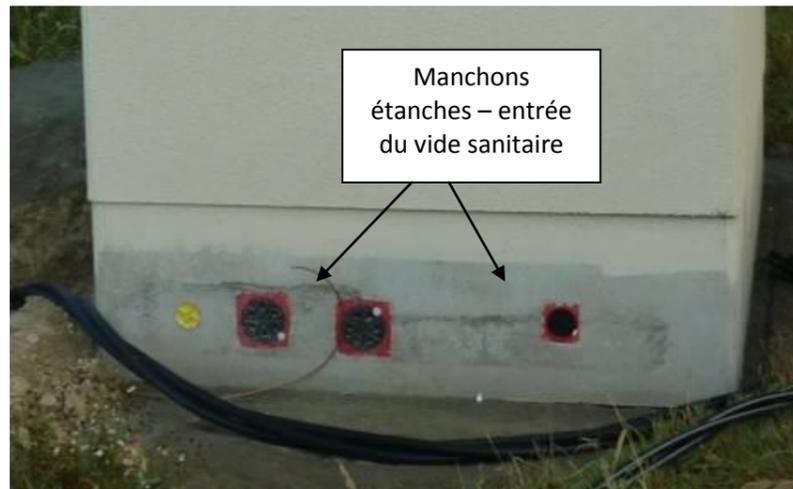
L'entrée des câbles dans le vide sanitaire du PDL se fera par l'intermédiaire des entrées défonçables, équipées de manchons étanches.



## Coupe des tranchées-types



Les coupes présentées ci-dessus sont représentées dans le cas où 2 circuits sont présents en fond de tranchée.

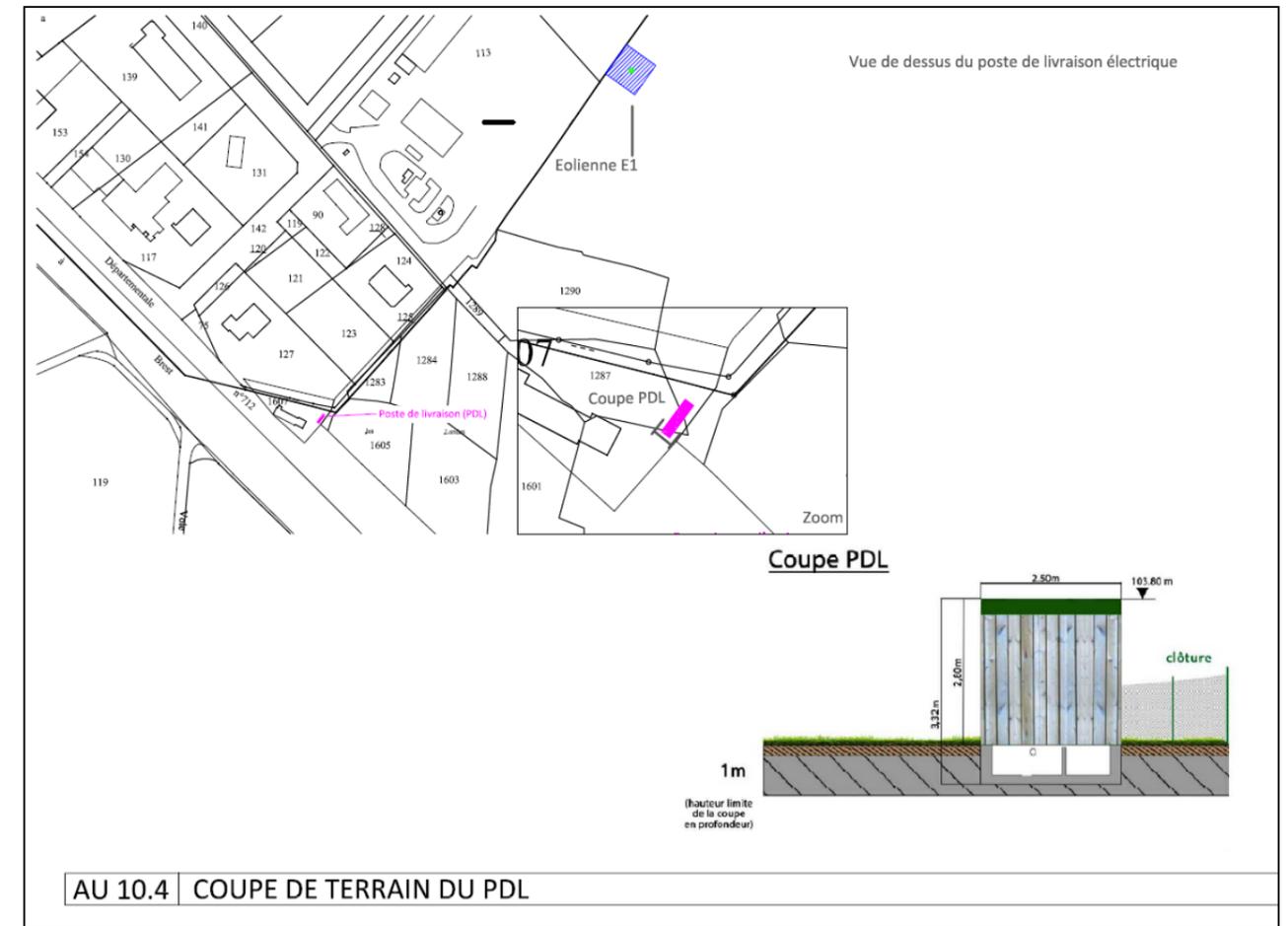
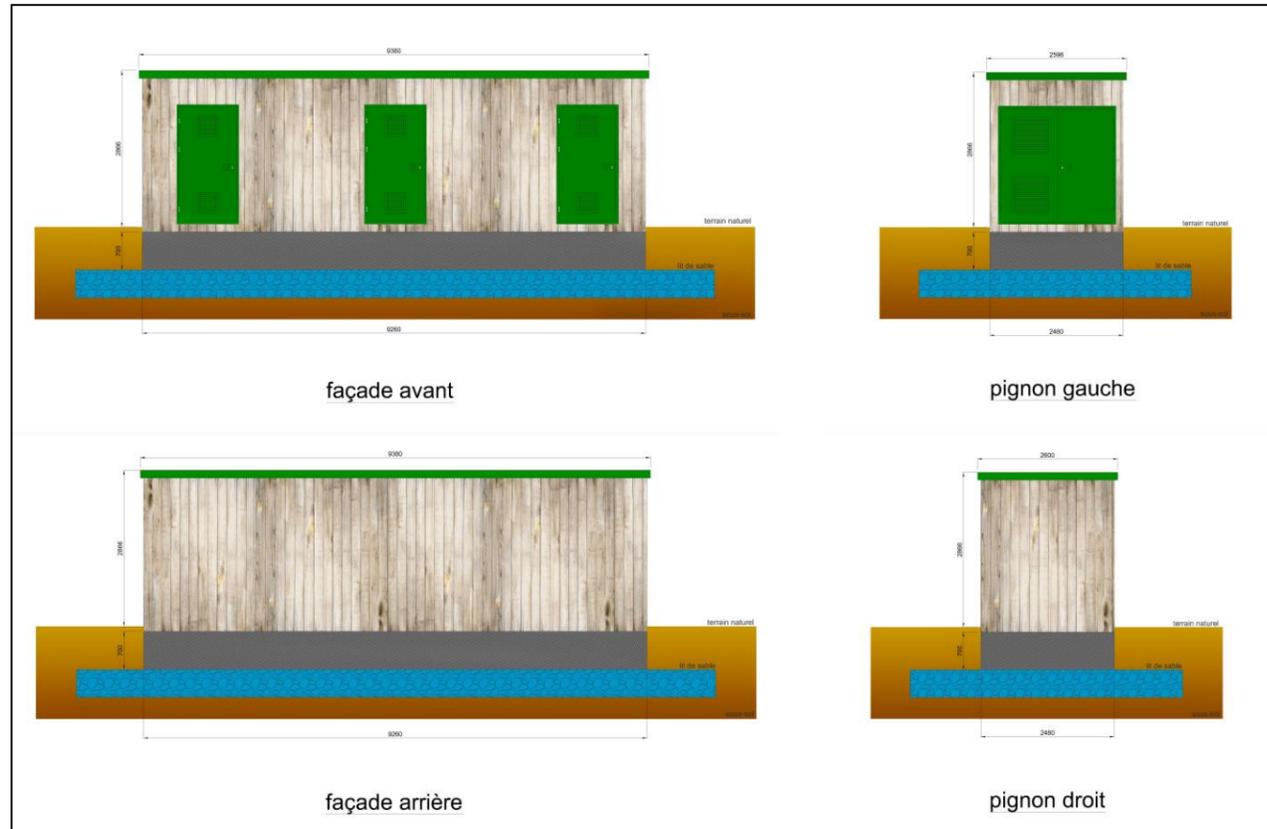




# PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

## 3.8.1.2.3 Le poste de livraison (PDL)

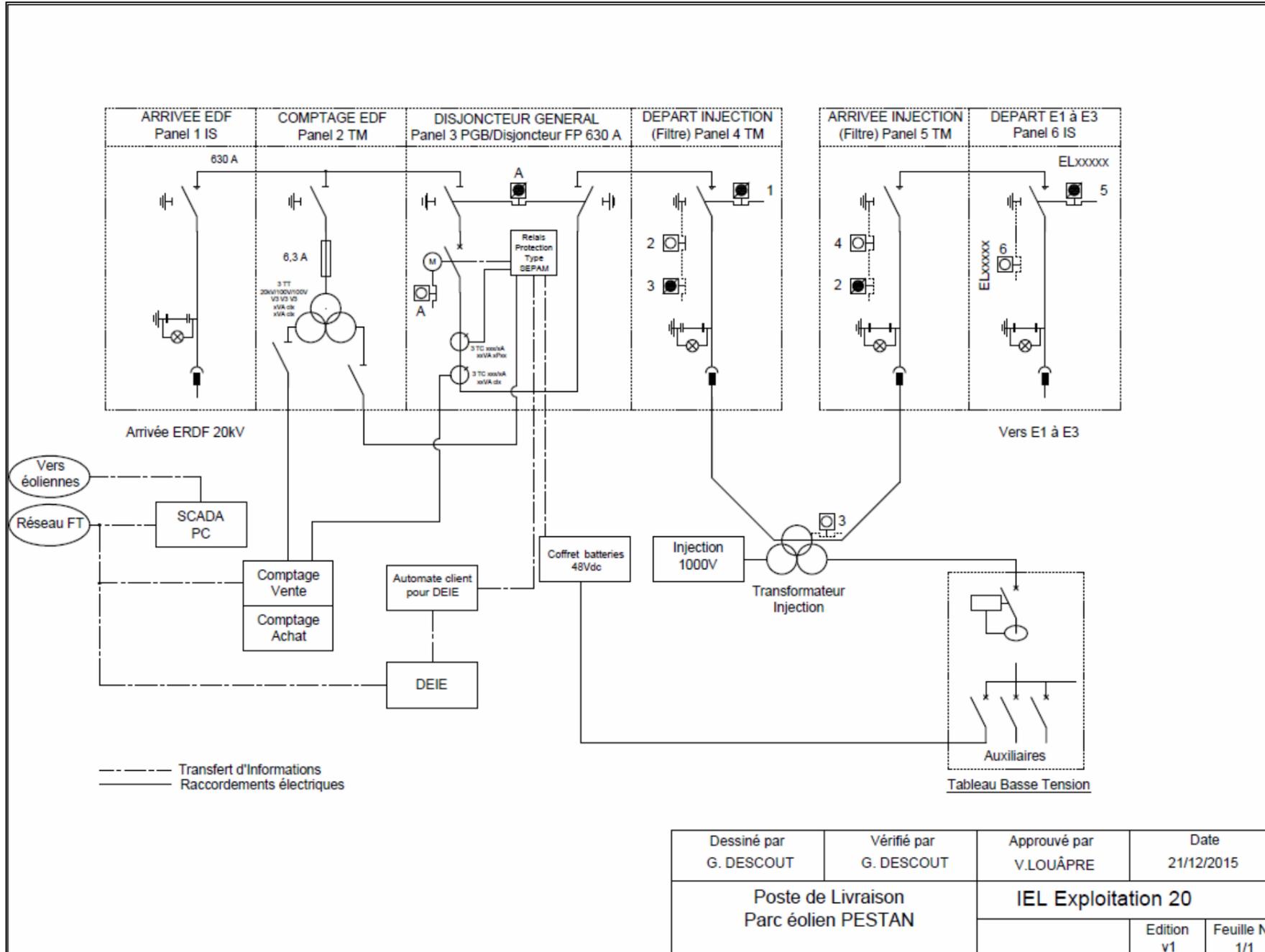
- aspect et implantation : voir les plans du permis de construire (Pièce AU 10)





# PARTIE 5 – PIERCE N°2 ETUDE DE DANGERS

- description technique et puissance : schéma unifilaire du PDL ci-après



- protection contre l'incendie
  - Tous les câbles HT utilisés sont de classe C2 (non propagateur de flammes)
  - Un extincteur adapté aux feux d'origine électrique est disponible à proximité immédiate de la porte d'entrée, dans chaque éolienne et dans le PDL. De plus, il sera transmis un dossier au SDIS présentant l'architecture du projet lors de la mise en service. Le SDIS sera également convié pour une réunion de démarrage.
- mise en place
  - Le PDL est installé sur un lit de sable en-dessous duquel est disposée une boucle de fond de fouille (boucle de terre).
  - Les câbles rentreront en façade, comme indiqué précédemment



### 3-ETUDE DE DANGERS

#### 3.8.1.2.4 Engagement du porteur de projet

**a. Respect des règles de l'art**

IEL Exploitation 20 certifie que les installations seront exécutées conformément aux dispositions des articles L.323-12, R.323-23 et D323-24 du Code de l'Energie et selon les règles de l'art et répondront aux prescriptions du dernier Arrêté Interministériel connu déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les lignes d'énergie électrique. (Arrêté du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 avril 2002 et celui du 10 mai 2006)

**b. Contrôle technique des travaux**

IEL Exploitation 20 s'engage à diligenter un contrôle technique en application des articles L.323-11 à L.323-13 et R.323-30 à R.323-32 du code de l'énergie.

**c. Information du gestionnaire du réseau public**

Conformément à l'article R.323-29 du Code de l'Energie, IEL Exploitation 20 s'engage à transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité (Enedis) les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence des ouvrages privés dans son SIG des ouvrages. Cette transmission respectera en outre les dispositions de l'arrêté du 11 mars 2016 précisant la liste des informations devant être enregistrées dans le système d'information géographique d'un gestionnaire de réseau public d'électricité

**d. Information auprès de l'INERIS**

IEL Exploitation 20 atteste s'être fait connaître auprès de l'INERIS qui gère le « guichet unique » en application des dispositions des articles L.554-1 à L.554-4 et R.554-1 et suivants du code de l'environnement qui sont relatives à la sécurité des travaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport et de distribution.

#### 3.8.1.2.5 Tableau bilan DT/DICT :

Ce tableau fait le recensement des voiries et réseaux situés à proximité des réseaux de câbles à construire et le service gestionnaire associé - <http://www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr>

N° de la DT	Exploitant	Contact	Date de la réponse	Commentaires
2015040100570T5L	ARMOR CONNECTIC 22 EIFFAGE ENERGIE BRETAGNE SERVICE OPTIQUE Fibre Optique 19 bis Rue Marcelin Berthelot CS 67849 29678 MORLAIX CEDEX	DANIEL MAYALA Tél : 02.98.62.15.77	10/04/2015	Pas concerné
2015040100570T5L	NUMERICABLE /SFR Service DICT 10 rue Albert Einstein CS 50507 CHAMPS SUR MARNE	Mme TSAOUSSIS 01.70.01.41.29	07/04/2015	Pas concerné
2015040100570T5L	ENEDIS DT/DICT BRETAGNE 64 Boulevard Voltaire 35044 RENNES Cedex	Mlle COLBEAU Virginie Tél : 02.99.03.55.87	02/04/2015	Concerné, présence d'ouvrage
2015040100570T5L	ORANGE Q2 BRETAGNE Service DICT 131 chemin du Bac à Traille 69647 CALUIRE ET CUIRE Cedex	M BLINO Didier Tél : 02.28.56.36.95	02/04/2015	Concerné, présence d'ouvrage
2015040100570T5L	SAUR COTES D'ARMOR CS 80190 21 rue Anita Conti 56005 VANNES	M Guy TOSTENE <a href="mailto:gtostene@saur.fr">gtostene@saur.fr</a> Tél : 02.97.54.47.02	10/04/2015	Concerné, présence d'ouvrage
2015040100570T5L	SDE 22 53 BD Carnot 22000 SAINT BRIEUC	Damien VASLON Bureau d'études Service DT/DICT Tél : 02.96.01.20.20	01/04/2015	Pas concerné



### 3.8.1.2.6 Certificat de maîtrise foncière des propriétés

Il concerne les accords des propriétaires privés et des locataires, et les indemnisations faites.

A SAINT-BRIEUC, le 15 novembre 2016

CERTIFICAT DE MAITRISE  
DES PROPRIETES

Je soussignée, Ronan Moalic, en qualité de gérant de la société IEL Exploitation 20, certifie que nous sommes en possession de toutes les autorisations à l'amiable, relatives au passage dans les propriétés privées :

des lignes électriques souterraines 3x150 mm<sup>2</sup> Alu et 3x95 mm<sup>2</sup> Alu

du terrain du poste de Livraison

Commune de PLESTAN.

**Construction des liaisons HTA souterraines de catégorie 2 (20 KV) d'une longueur d'environ 2390 mètres permettant de relier les 3 éoliennes du parc de Plestan II au Poste de Livraison raccordé par ERDF au réseau électrique de Distribution Public.**

Des indemnisations sont prévues, au minimum, sur la base du barème de la Chambre d'Agriculture pour :

les occupations du sous-sol et du terrain de poste

les dommages instantanés résultants de l'exécution des travaux de pose des ouvrages électriques

Ronan MOALIC, Gérant de IEL Exploitation 20





# 3-ETUDE DE DANGERS

## 3.8.2 Plans

### Légende des réseaux :

#### ERDF

- réseau HTA souterrain
- réseau HTA aérien
- réseau BT souterrain
- réseau BT aérien
- réseau BT torsadé
- Poste client HTA
- Poste DP

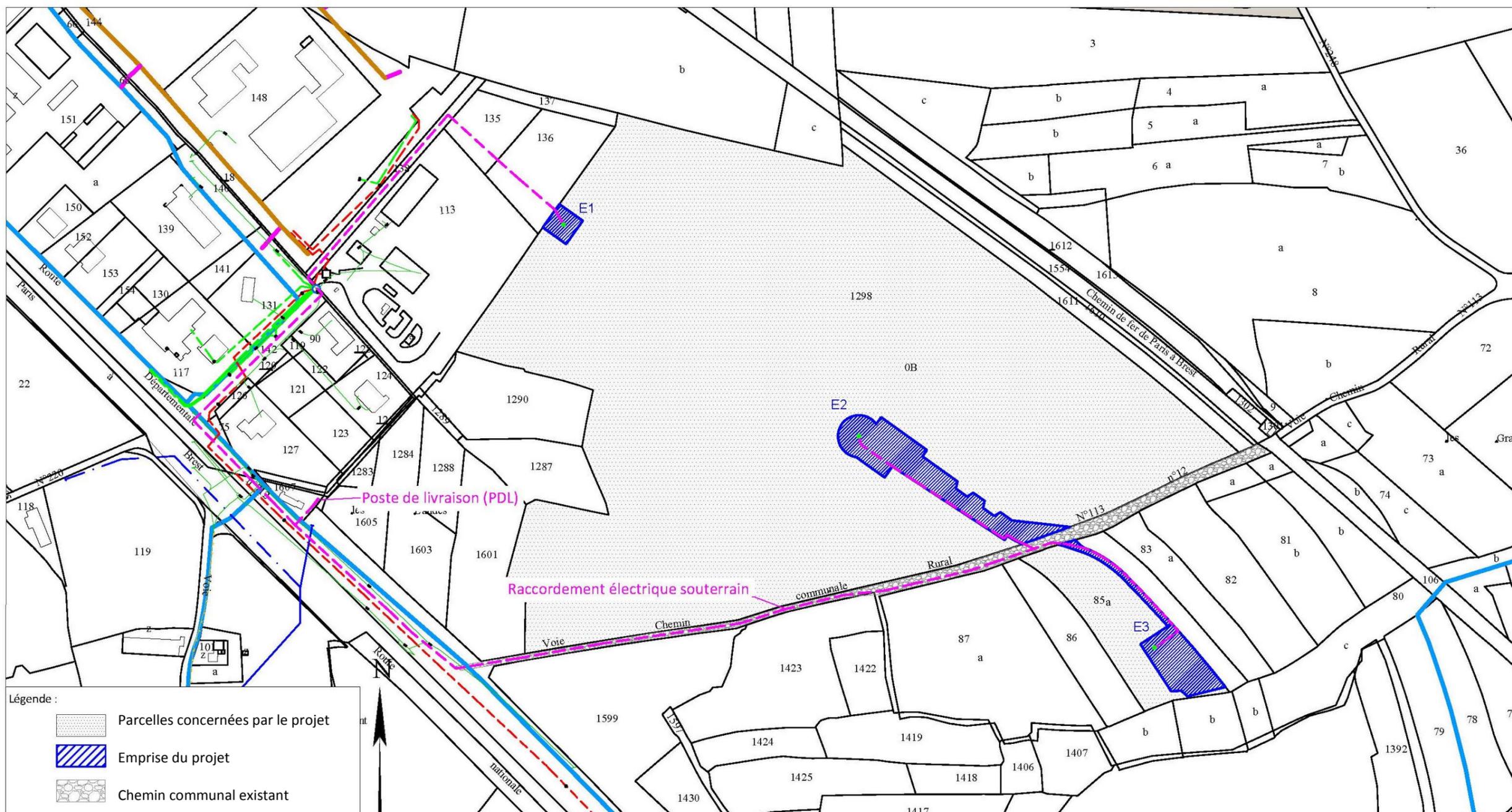
#### ORANGE

- conduite allégée
- artère aérienne
- chambres de tirage

#### SAUR

- distribution
- eaux usées
- unitaire

N°	Lambert 93		WGS84		Lambert 2 étendue		Z (m)
	X (Est)	Y (Nord)	X (Ouest)	Y (Nord)	X (Est)	Y (Nord)	
E1	299064	6826472	2°25'21,33"	48°24'52,54"	247820	2390193	100
E2	299374	6826251	2°25'05,59"	48°24'46,06"	248131	2389973	99
E3	299684	6826030	2°24'49,80"	48°24'39,60"	248443	2389754	97
PDL	298803	6826193	2°25'33,07"	48°24'42,95"	247561	2389911	101



Légende :

- Parcelles concernées par le projet
- Emprise du projet
- Chemin communal existant

## PLAN DE MASSE

Echelle 1/4000ème





## 3.9 Conclusion

Les principaux accidents majeurs identifiés dans le site éolien de Plestan II 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.

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 soit 165 m	Rapide	exposition modérée	D	Important
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (58.5m)	Rapide	exposition forte	C	Sérieux
Chute de glace	Zone de survol (58.5m)	Rapide	exposition modérée	A	Modérée
Projection	500 m autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D	Catastrophique
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne soit 334.5 m	Rapide	exposition modérée	C	Important

Par ailleurs, pour le calcul du nombre de personnes permanentes, nous nous plaçons une hypothèse majorante en considérant par exemple que 75% de personnes présentes sur la zone d'activité sont situées en extérieur.

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 événement 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 site éolien de Plestan II sont acceptables.

Gravité	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
(traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)					
Désastreux					
Catastrophique		<b>Projection d'éléments E1</b>			
Important		<b>Effondrement d'éolienne E1</b> <b>Projection d'éléments E2 et E3</b>	<b>Projection de glace E1</b>		
Sérieux			<b>Chute d'éléments E1, E2 et E3</b>		
Modérée		<b>Effondrement d'éolienne E2 et E3</b>	<b>Projection de glace E2 et E3</b>		<b>Chute de glace E1, E2 et E3</b>
Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité			
Risque très faible		acceptable			
Risque faible		acceptable			
Risque important		non acceptable			



## 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 =  $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$  personnes.

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pâles en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pâles en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pâles disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pâles de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pâles et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pâles de 1,5 et 2,5 m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pâles et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pâles		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pâles et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise



### 3-ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pôle	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pôle de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pôles et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 3 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pôle	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pôle lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pôle	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pôle de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pôle	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pôle d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pôle	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pôle et projection de morceaux de pôle suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pôle	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pôle	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pôle		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pôle	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pôle d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pôle	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pôle est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
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)



### 3-ETUDE 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	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pâles, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure et Loire	2	2008	Oui	Chute d'une pale au pied d'une éolienne sans projection d'éléments. Aucun blessé, aucun dégât	Défaillance du matériau à l'accroche de la pale	Articles de presse / Interne constructeur	
Chute d'éolienne	30/05/2012	Port La Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Chute de l'éolienne	Tempête/éolienne en treillis de 30 m	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	Non utilisable directement dans l'étude de dangers car éolienne en treillis
Chute d'éléments d'éolienne	1/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Incendie Chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien	Incendie électrique	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	



### 3-ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	Non communiqué	Non communiqué	Non communiqué	Une pale s'est décroché et à percuter le mât	Problème de fixation	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Incendie Chute de pale	17/03/2013	Neuvy	Marne	2,5	2011	Oui	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols.	défaillance électrique	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Maintenance	01/07/2013	Cambon et Salvergues	Hérault	1,3	2006	Oui	Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	2	210	Oui	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	2013	Oui	Incendie d'une des éoliennes	Incendie électrique	Articles de presse	
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place.	L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale.	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2	2011	Oui	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m.		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Chute de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1.3	2007		A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aéoréfin de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aéoréfin constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas.	L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	



## 3-ETUDE DE DANGERS

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2.3	2015	Oui	A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie	Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test.	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	Non car éolienne non mise service/en phase de test lors de l'incident
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2	2011	Oui	Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.		<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr</a>	
Chute de pale	13/11/2015	Menil la Horgne	Meuse	10,5	2007	Oui	Chute du rotor et des trois pales	Actuellement Inconnues	<a href="http://www.estrepublicain.fr/edition-de-bar-le-duc/2015/11/13/parc-eolien-trois-pales-et-un-rotor-chutent-de-leur-mat-a-menil-la-horgne-(meuse)">http://www.estrepublicain.fr/edition-de-bar-le-duc/2015/11/13/parc-eolien-trois-pales-et-un-rotor-chutent-de-leur-mat-a-menil-la-horgne-(meuse)</a>	

### 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-après 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 où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

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

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

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

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

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité



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

L'emballage 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, percage 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'emballage de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballage 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, emballage 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 – Probabilité d’atteinte et Risque individuel

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

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

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

$P_{\text{ERC}}$  = probabilité que l’événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

$P_{\text{orientation}}$  = probabilité que l’éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d’une défaillance dans la direction d’un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)

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

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

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

Par souci de simplification, la probabilité d’accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l’événement redouté central par le degré d’exposition. Celui-ci est défini comme le ratio entre la surface de l’objet chutant ou projeté et la zone d’effet du phénomène.

Le tableau ci-après 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	$10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (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-après 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** : Evénement 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.

**Evénement initiateur** : Evénement, 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.

**Evénement redouté central** : Evénement 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-après :

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE** : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

**EDD** : Etude de dangers

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

### Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées

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