

EOLA
Développement



Société par **Actions Simplifiée** éolien citoyen

Site à Watts
Développement



éolien citoyen



Etude de dangers Résumé Non Technique

Parc éolien citoyen Eolandes Teillé (44)



OUEST Am'

1 rue du Cormiers – 35651 LE RHEU CEDEX

Tél : 02 99 14 55 70 – Mail : rennes@ouestam.fr

Rédacteur : Bertrand LESAGE

Sommaire

Liste des cartes	1
Liste des figures	1
Liste des Tableaux	1
1 PREAMBULE	2
Objectif de l'étude de dangers	2
1-1 Nomenclature des installations classées	3
2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	4
2-1 Localisation du parc éolien	5
2-1.1 Localisation générale	5
2-1.2 Identification cadastrale	5
2-2 Définition de la zone d'étude	5
3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	6
3-1 Environnement humain	6
3-1.1 Zones urbanisées	6
3-1.2 Etablissement recevant du public (ERP)	7
3-1.3 Autres activités	8
3-2 Environnement naturel	10
3-2.1 Contexte climatique.....	10
3-2.2 Risques naturels.....	10
3-3 Environnement matériel.....	12
3-3.1 Transport aérien	12
3-3.2 Autre type de transport	12
3-3.3 Réseaux publics et privés.....	12
3-3.4 Autres ouvrages publics.....	12
3-3.5 Les risques technologiques.....	12
3-4 Cartographie de synthèse.....	13

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	14
4-1 Caractéristiques de l'installation.....	14
4-1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien	14
4-1.2 Activité de l'installation	14
4-1.3 Composition de l'installation	14
4-1.4 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	16
4-1.5 Description du modèle retenu	16
a) Signalisation	17
b) Les systèmes de surveillance	17
c) Le système de freinage	17
d) Le système parafoudre	17
e) Le système « tempête »	17
F) Autres dispositifs de sécurité de l'éolienne SWT-3.0-113.....	18
4-1.6 Sécurité de l'installation	18
4-1.6 Opération de maintenance de l'installation	19
4-2 Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	19
4-2.1 Raccordement électrique	19
5- Identification des potentiels de dangers de l'installation	20
5-1 Potentiels de dangers liés aux produits	20
5-2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	20
5-3 Réduction des potentiels de dangers à la source	20
5-3.1 Principales actions préventives.....	20
6- Analyse des retours d'expérience	21
6-1 Inventaire des accidents et incidents en France.....	21
6-1.1 Bilan accidentologie matériel	21
6-2 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	21
6-2.1 Réductions des dangers liés aux installations.....	21

7- Etude des risques spécifiques pour la canalisation de transport d'hydrocarbures - analyse préliminaire des risques	22
7-1 RISQUE DE CHUTE DE TOUT OU PARTIE DE L'EOLIENNE.....	22
7-2 RISQUE Foudre	22
7-3 RISQUE ELECTRIQUE.....	22
7-4 RISQUE ATEX (ATMOSPHERE EXPLOSIVE)	23
CONCLUSIONS	23
8- Analyse préliminaire des risques	24
8-1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques.....	24
8-2 Recensement des agressions externes potentielles.....	24
8-2.1 Agression externe liées aux activités humaines	24
8-2.2 Agression externe liées aux phénomènes naturels.....	25
8-3 Scénario étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	25
8-4 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques.....	25
9- Etudes détaillées des risques	26
9-1 Rappel des définitions	26
a) Intensité.....	26
b) Gravité	26
c) Probabilité	26
9-2 Synthèse de l'étude détaillée des risques	27
9-2.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	27
9-2.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	27
9-2.3 Cartographie des risques.....	28
10- Conclusion	29

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation géographique de l'installation.....	4
Carte 2 : PLU.....	6
Carte 3 : Situation du parc éolien vis-à-vis des premières habitations	7
Carte 4 : Occupation du sol – Eolienne 1.....	8
Carte 5 : Occupation du sol – Eolienne 2.....	8
Carte 6 : Occupation du sol – Eolienne 3.....	9
Carte 7 : Occupation du sol – Eolienne 4.....	9
Carte 8 : Occupation du sol – Eolienne 5.....	9
Carte 9 : Environnement matériel dans le périmètre d'étude de dangers	11
Carte 10 : Carte de synthèse des enjeux.....	13
Carte 11 : Plan du projet	15
Carte 12 : Synthèse des enjeux	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des éoliennes SWD-3.0-113 3MW (Source SIEMENS)	17
Tableau 2 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (Source : INERIS/SER/FEE, 2013)	24
Tableau 3 : Scenarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2013).....	25
Tableau 4 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)	26
Tableau 5 : Grille de criticité du scenario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005).....	26
Tableau 6 : Synthèse des scenarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc	27

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur - Illustration des emprises au sol d'une éolienne.....	14
Figure 2 : Schéma de détail de la nacelle (source : SIEMENS)	16
Figure 3 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2013)	19
Figure 4 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2013)	27

1 PREAMBULE

Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par SAS Eola Développement pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien citoyen Eolandes-Teillé, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, et 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 Eolandes-Teillé. 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 Eolandes-Teillé, 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.

Cette étude a été réalisée à partir du guide de l'étude de dangers de Mai 2012 élaboré par l'INERIS.

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 :

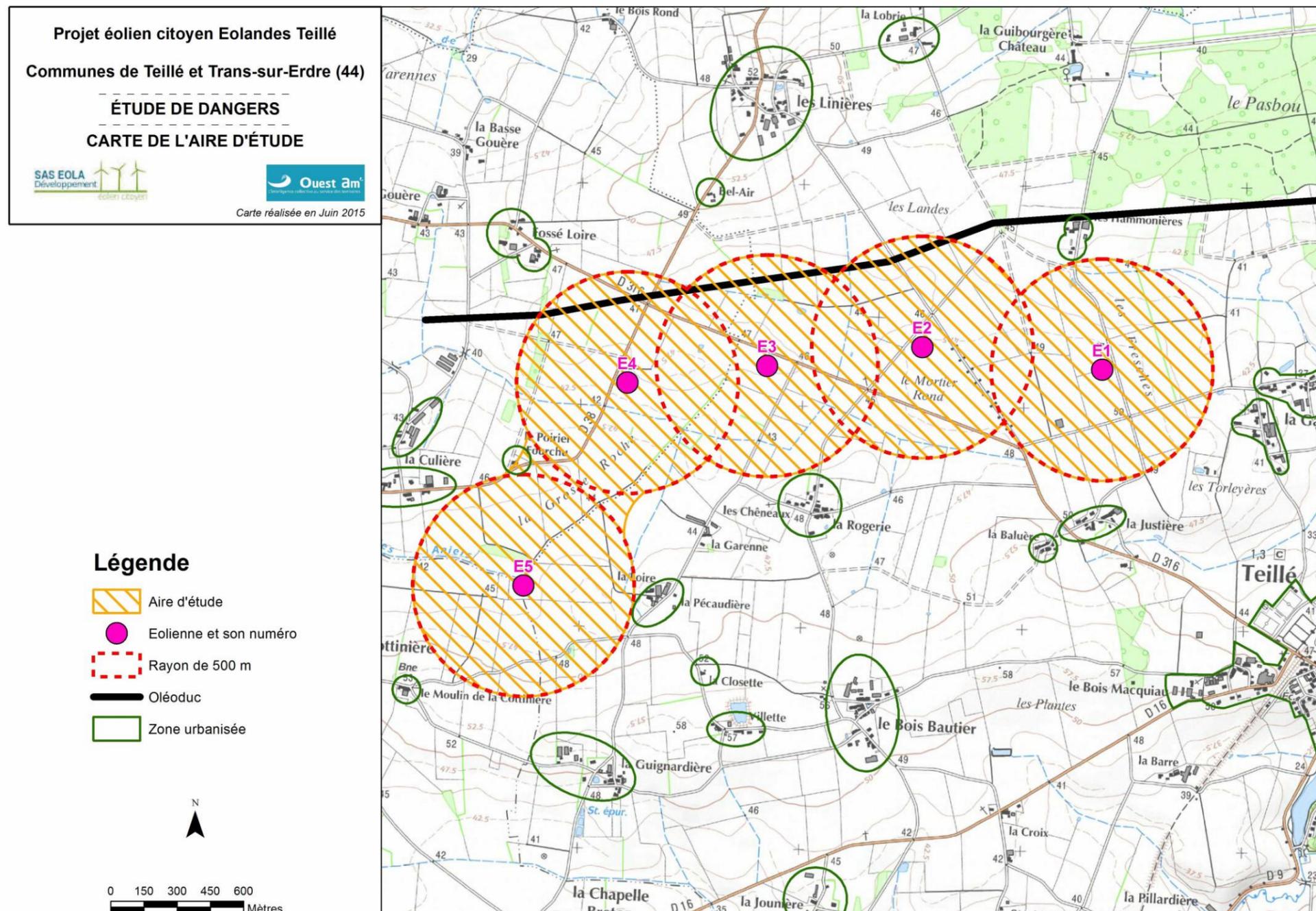
- description de l'environnement et du voisinage,
- description des installations et de leur fonctionnement,
- identification et caractérisation des potentiels de danger,
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers,
- réduction des potentiels de danger,
- enseignements tirés du retour 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.

1-1 Nomenclature des installations classées

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

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

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION



Carte 1 : Localisation géographique de l'installation

2-1 Localisation du parc éolien

2-1.1 Localisation générale

Le parc éolien citoyen Eolandes-Teillé, composé de 5 aérogénérateurs est localisé sur les communes de Teillé et Trans-sur-Erdre dans le département de la Loire-Atlantique (44). Localisées à environ 30 km au nord-est de Nantes, ces communes font partie de la communauté de communes du pays d'Ancenis (La COMPA) dont la ville principale est située à environ 13 km de Teillé.

2-1.2 Identification cadastrale

Les parcelles concernées par l'activité de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent sont présentées dans le tableau ci-dessous. Toutes ces parcelles sont maîtrisées par le maître d'ouvrage via des promesses de bail emphytéotique.

Les limites de propriété de l'installation correspondent aux mâts des éoliennes et au poste de livraison.

Eolienne	Commune	Lieu-Dit	N° de parcelle	Superficie	Altitude au sol	Altitude haut construction	Lambert RGF 93 CC47
E1	Teillé	Les Fresches	ZT 50 et 91	181 640 m ²	49 m	220,5 m	X 1 376 406 Y 6 261 488
E2	Teillé	Le Mortier Rond	ZO 59	60 580 m ²	48 m	219,5 m	X 1 375 595 Y 6 261 590
E3	Teillé	Les Champs Josselin	ZN 35 et 36	35 200 m ²	47 m	218,5 m	X 1 374 893 Y 6 261 507
E4	Trans sur Erdre	Les Champs Josselin	ZN 34	96 620 m ²	45 m	216,5 m	X 1 374 262 Y 6 261 431
E5	Teillé	Les Trois Bornes	ZN 98	39 100 m ²	45 m	216,5 m	X 1 373 792 Y 6 260 516
Poste de livraison	Teillé	La Croix Madame	ZO17	61 400 m ²	46 m		

Identification des parcelles cadastrales

2-2 Définition de la zone d'étude

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne (voir Carte n° 1).

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 9.2.4.

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

3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

3-1 Environnement humain

Comme le veut la législation, aucune habitation ne se trouve à moins de 500 m des éoliennes (voir Carte n° 2).

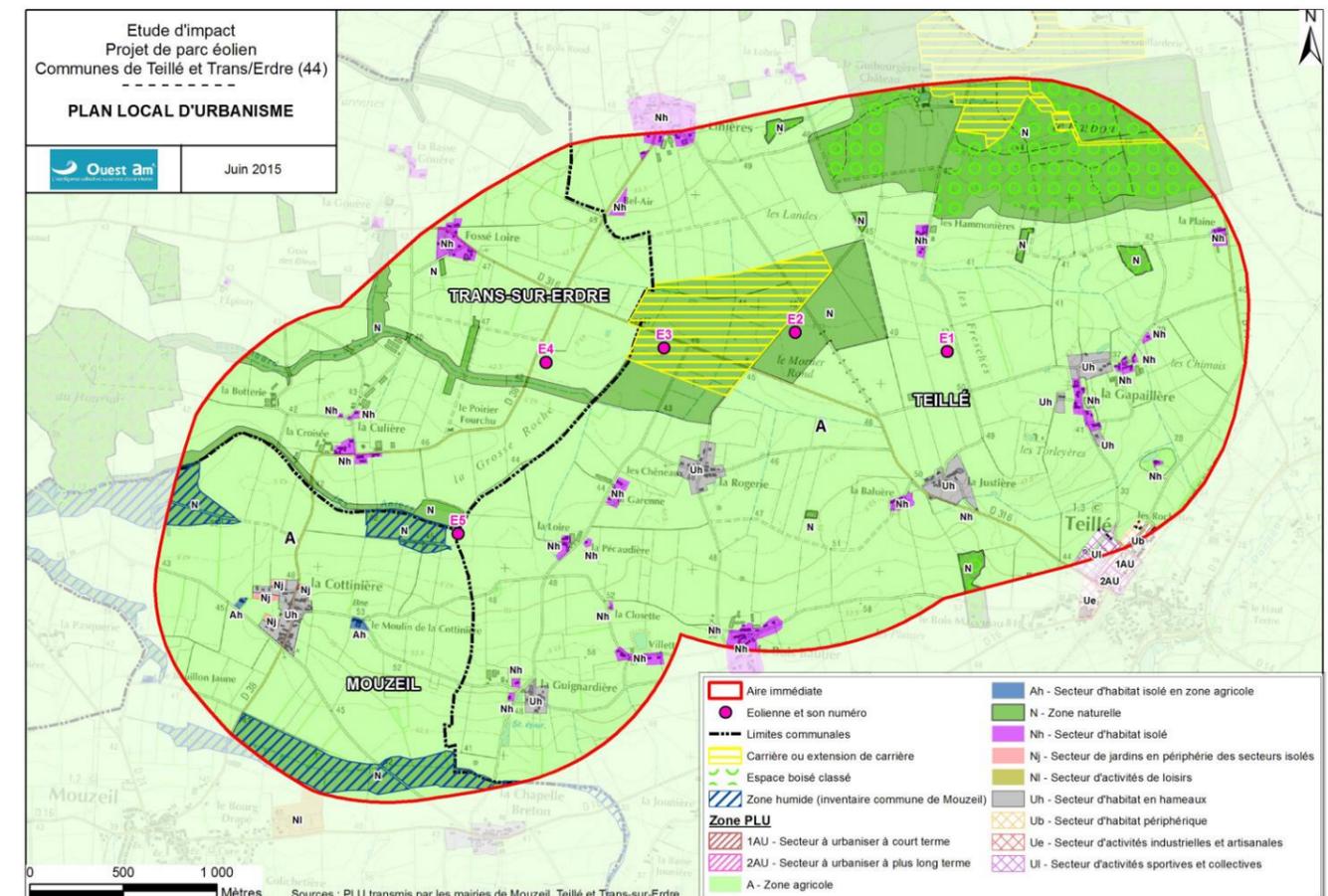
N° de l'Eolienne	Distance des habitations les plus proche	Nom du Hameau	Nombre d'habitation
E1	555 m	Les Hammonières	1
	630 m	La Justiere	4
	630 m	La Gapallière	>10
E2	780 m	Les Hammonières	1
	765 m	La Rogerie	10
E3	810 m	Bel Air	1
	585 m	La Rogerie	10
	850 m	La Garenne	2
E4	690 m	Fossé Loire	>5
	610 m	Le Poirier Fourchu	1
E5	550 m	Le Poirier Fourchu	1
	535 m	La Loire	3
	695 m	Le Moulin de la Cottinière	1
	595 m	La Cullière	5

3-1.1 Zones urbanisées

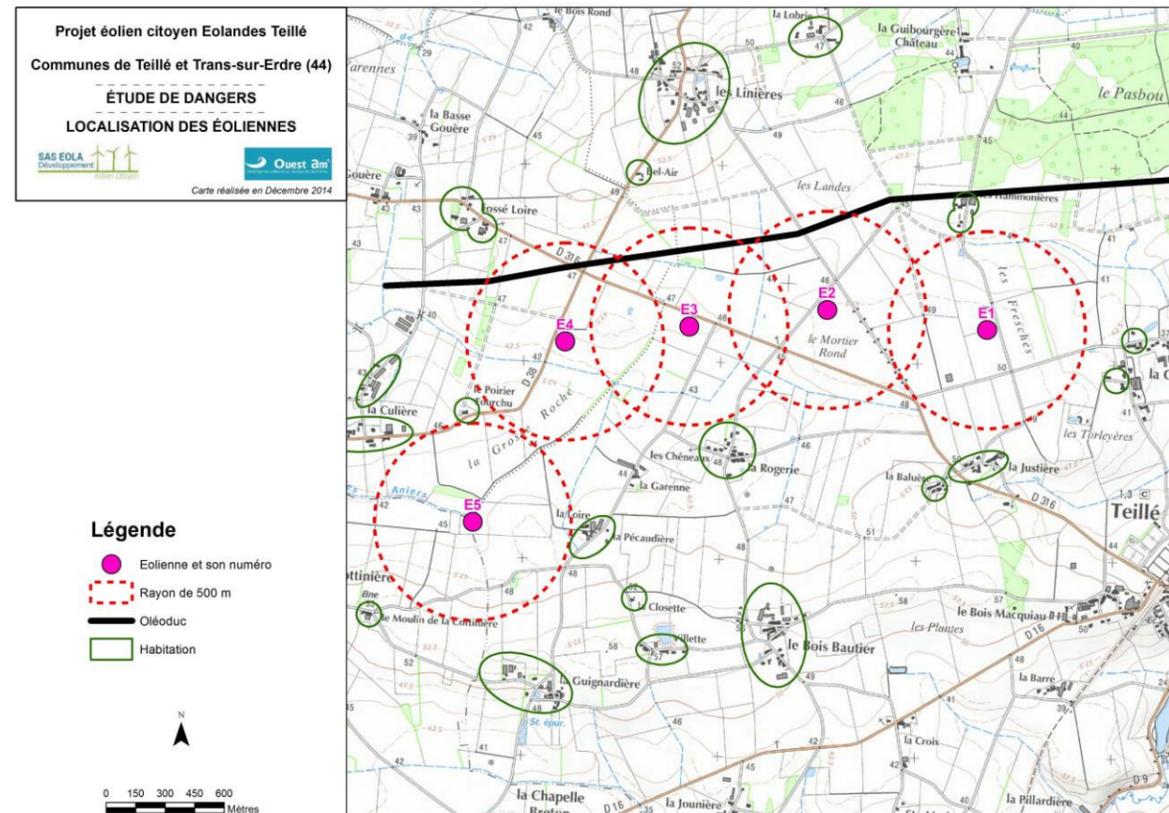
Les bourgs de Teillé, Trans-sur-Erdre et Mouzeil circonscrivent le parc éolien envisagé. Ainsi, le parc projeté est éloigné des zones constructibles (construites ou futures zones constructibles au PLU) de :

- Teillé : distance de 1,5 km (à l'Est)
- Trans-sur-Erdre : distance de 3,5 km (à l'ouest)
- Mouzeil : distance de 2,1 km (au sud/ouest)

Dans le périmètre d'étude de dangers, aucune zone urbanisée n'est présente.



Carte 2 : PLU



Carte 3 : Situation du parc éolien vis-à-vis des premières habitations

3-1.2 Etablissement recevant du public (ERP)

La Sablière du Mortier rond est le seul ERP recensé au sein du parc éolien. Elle reçoit chaque jour 7 camions du groupe Pigeon (exploitant de la carrière). A ceci s'ajoute le passage par jour de 8 camions d'autres entreprises (centrales béton, agriculteurs ...). (La Sablière fait de la vente directe de sable à des clients qui viennent sur place chercher la marchandise).

Etablissement ICPE – hors éolien

- La sablière du Mortier rond (au sein du rayon de 500 m de E2 et de E3).

Présence de deux salariés.

- Arrêté préfectoral du 24 février 2012
- Exploitation d'une carrière à ciel ouvert de sables avec exploitations d'installations fixes de traitement des matériaux (lavage), exploitation de stocks de matériaux et exploitation d'installations connexes
- Surface de 28,8 ha
- Distance de 68 m vis-à-vis de l'E2 (distance de 75 m de E3 dans les 2 cas), un merlon les sépare
- Accidents potentiels liés à cette installation : pas de stockage de produits dangereux, les accidents sont liés aux manœuvres des engins et aux chutes des salariés (tapis roulant de grande hauteur ...)

En annexe II.3, nous avons fourni un courrier donnant son accord pour le projet de parc éolien.

- La porcherie de la SCEA des Acacias (Filiale du GAEC du Robin Macquiau, les Ifs, Teillé).

Aucun salarié présent sauf très ponctuellement (30 minutes le matin et le soir pour le nourrissage et le contrôle des bêtes).

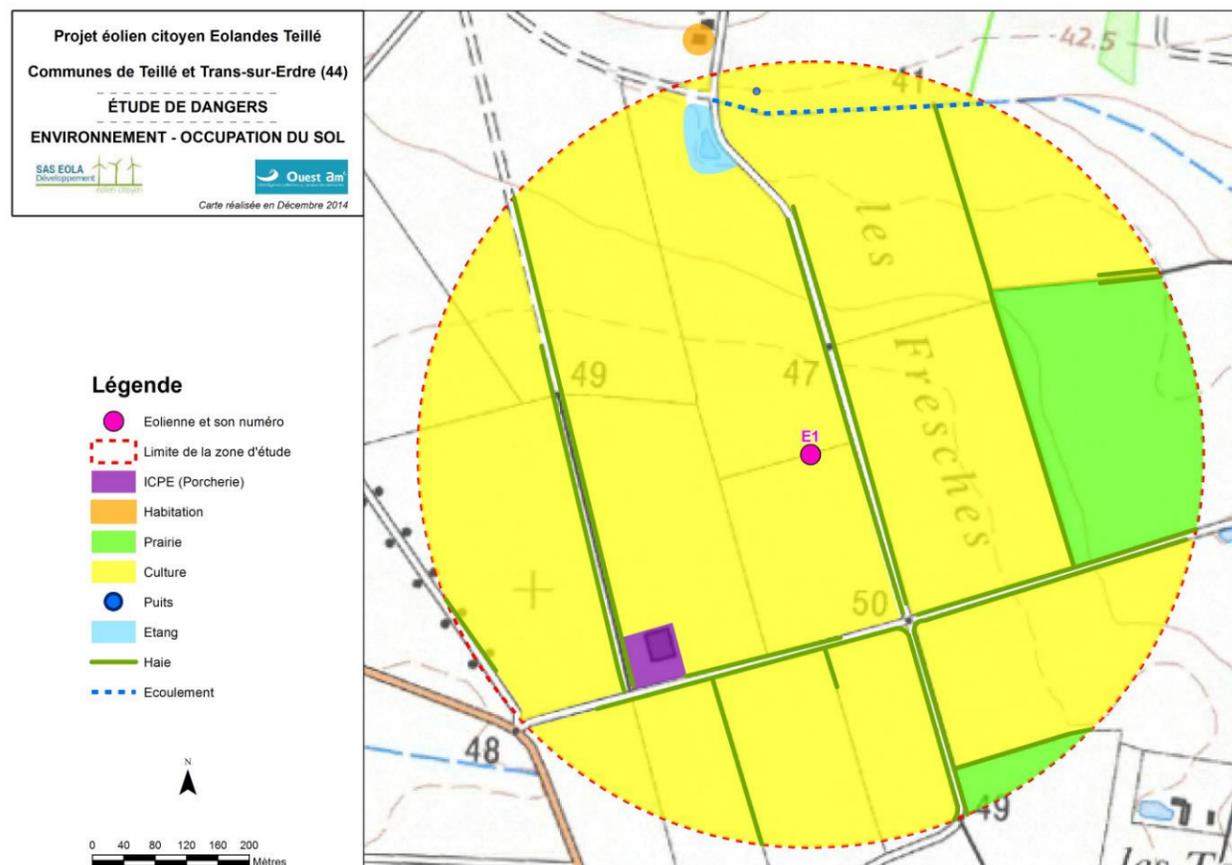
- ICPE soumise à autorisation
- Elevage de porcs (post-sevrage : 650 animaux, engraissement, 1250 charcutiers)
- Distance de 280 m vis-à-vis de E1
- Risque d'accident : chute dans la fosse à lisier

Etablissement ICPE éolien

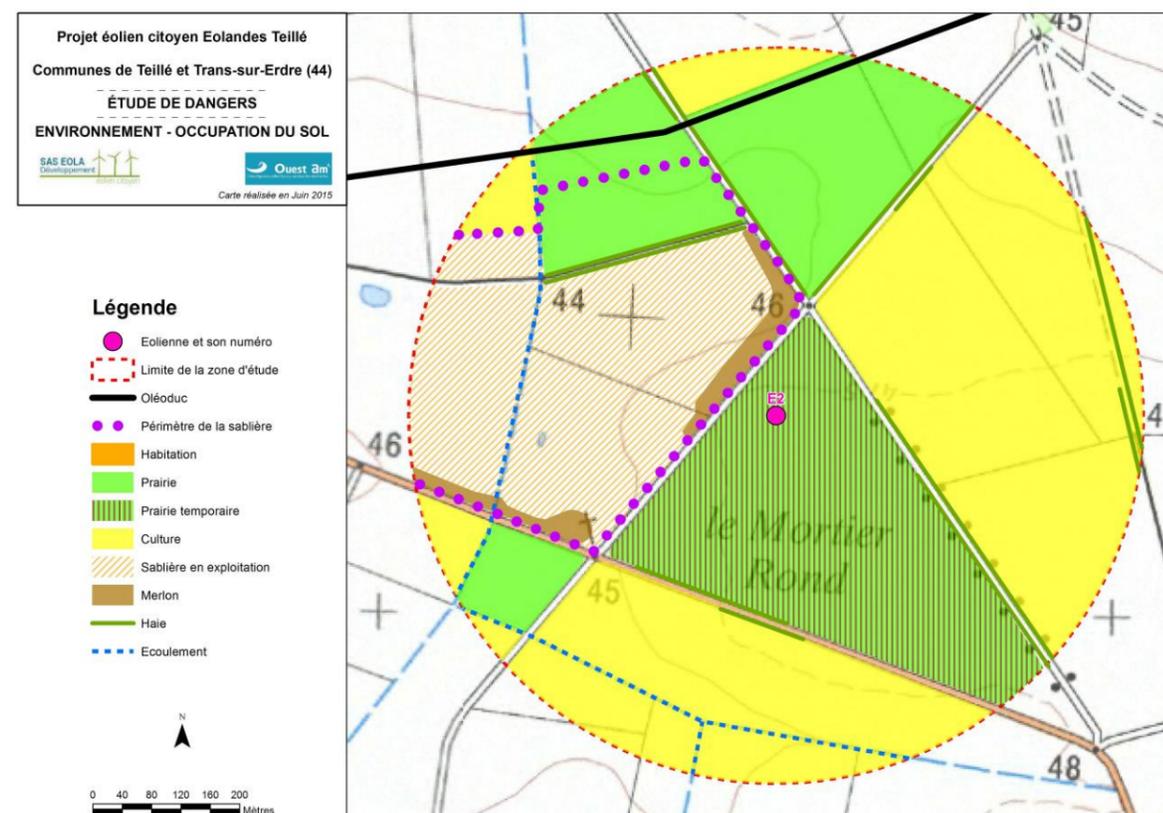
Le plus près est à 3,8 km au nord-est : il s'agit du parc de La Vallière (commune de Pannecé).

3-1.3 Autres activités

Les autres activités consistent à exploiter les terres agricoles (façons culturales, apports d'engrais et d'amendement, récoltes) et à faire paître les animaux (bovins, chevaux).



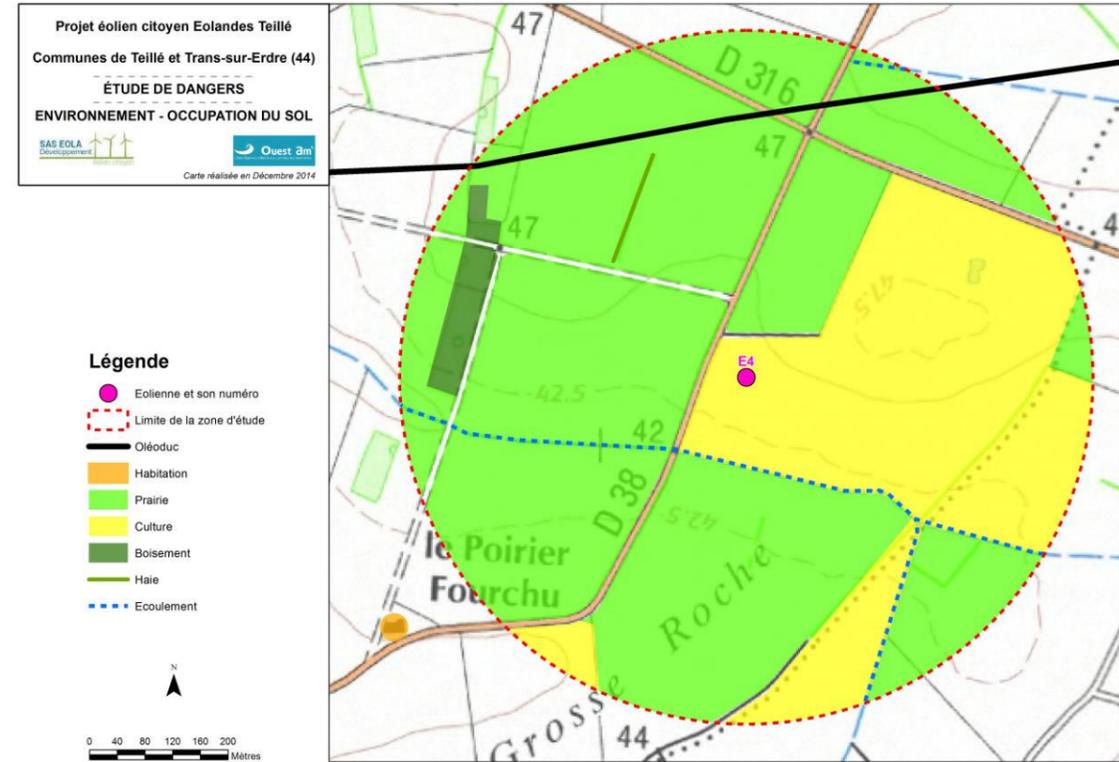
Carte 4 : Occupation du sol – Eolienne 1



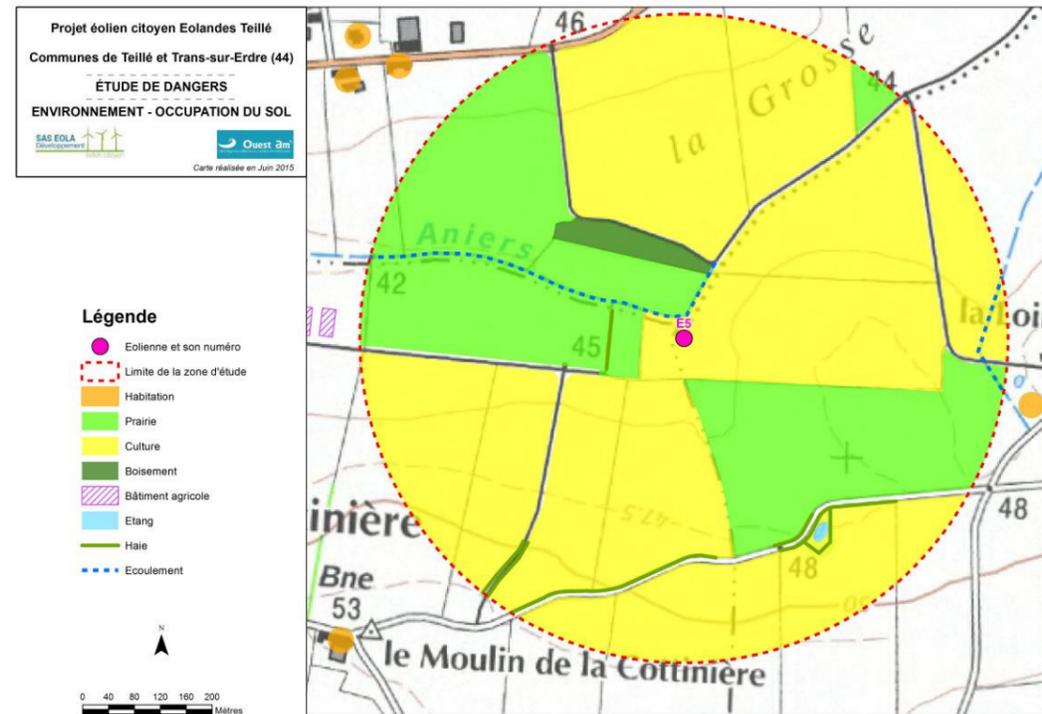
Carte 5 : Occupation du sol – Eolienne 2



Carte 6 : Occupation du sol – Eolienne 3



Carte 7 : Occupation du sol – Eolienne 4



Carte 8 : Occupation du sol – Eolienne 5

3-2 Environnement naturel

3-2.1 Contexte climatique

Contexte général

Météo France découpe l'Hexagone en 29 régions aux caractéristiques climatiques homogènes. Le projet éolien est situé dans la région Bretagne orientale et méridionale, Pays nantais et Vendée. Ses caractéristiques sont : faible pluviométrie en été ; bonne insolation.

Le climat du secteur se caractérise par un régime de vents dominants provenant de **l'ouest principalement ainsi que du nord-est**. Les vents les plus violents proviennent également très majoritairement de l'ouest.

La fréquence des vents violents¹ -jours pendant lesquels on enregistre des rafales dont la vitesse est supérieure à 58 km/h (= 16 m/s)- est moyenne : **50 jours environ par an**, pour la station de Nantes dont en moyenne 1,5 jours pour lesquels on relève des rafales dont la vitesse est supérieure à 100 km/h (=28 m/s). Les relevés de vitesse du vent moyenné sur 10 mn révèlent des vitesses moyennes de 3,9 m/s sur l'année.

3-2.2 Risques naturels

Les risques majeurs regroupent les risques naturels (inondations, tempête, feux de forêts, mouvements de terrain et séisme) et les risques technologiques (industriels et transports de matières dangereuses). Les données présentées ci-après sont issues du « dossier départemental des risques majeurs » (DDRM) de la Loire-Atlantique révisé en 2008 et qui remplace celui de 1996. Les communes de Teillé, Mouzeil et Trans-sur-Erdre sont concernées par les risques suivants :

	Risques naturels	Risques technologiques
Commune de Teillé	Mouvement de terrain	Aucun
Commune de Mouzeil	Mouvement de terrain	Aucun
Commune de Trans-sur-Erdre	Aucun	Aucun

Les risques par commune

3-2.2.1 Risque d'inondation

Aucune des trois communes pour ce qu'est de l'aire d'étude (voir Carte n° 1) n'est concernée par les risques d'inondations relatives aux eaux superficielles ou par les eaux marines.

3-2.2.2 Risque de tempête

Dans le département, les communes les plus exposées sont celles situées sur le littoral. Cependant, le DDRM de la Loire-Atlantique indique que toutes les communes sont exposées au risque de tempête et l'information préventive concerne l'ensemble du territoire départemental.

Celle de 1999 reste la plus marquante. Les 26 et 28 décembre 1999, deux tempêtes des latitudes moyennes en développement rapide, nommées respectivement Lothar et Martin, ont traversé successivement la France d'ouest en est.

3-2.2.3 Risque de feux de forêt

Le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) de la Loire-Atlantique signale l'absence de zones à risques particuliers d'incendie sur l'aire d'étude.

3-2.2.4 Risque de mouvement de terrain

Les communes de **Mouzeil et Teillé sont concernées par le risque de cavités souterraines**. Aucune cavité n'est ainsi recensée par le BRGM sur le secteur des éoliennes.

3-2.2.5 Risque sismique

Vis-à-vis de ce zonage, les communes de Teillé, Mouzeil et Trans-sur-Erdre sont situées en zone de sismicité 2 (faible).

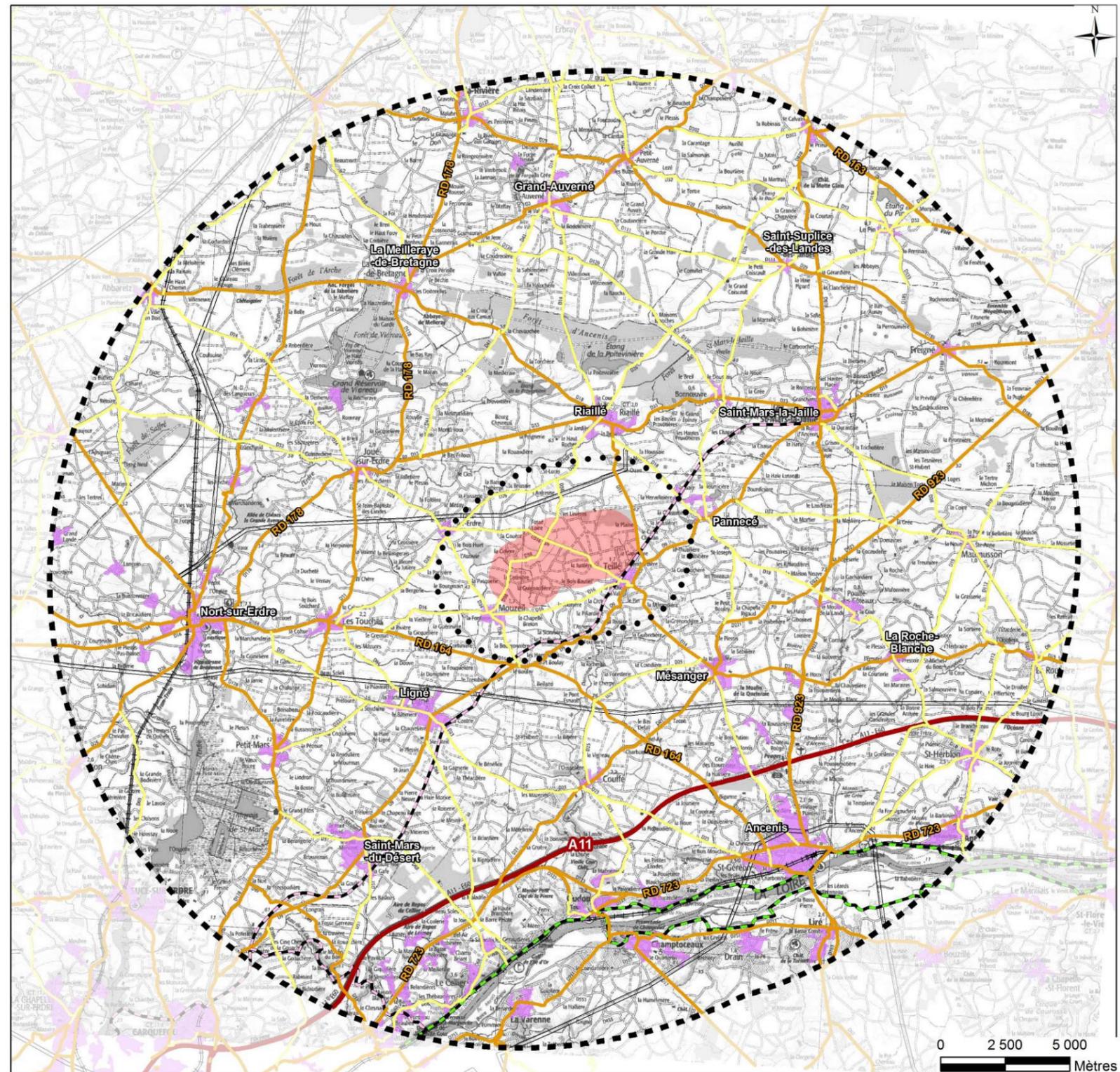
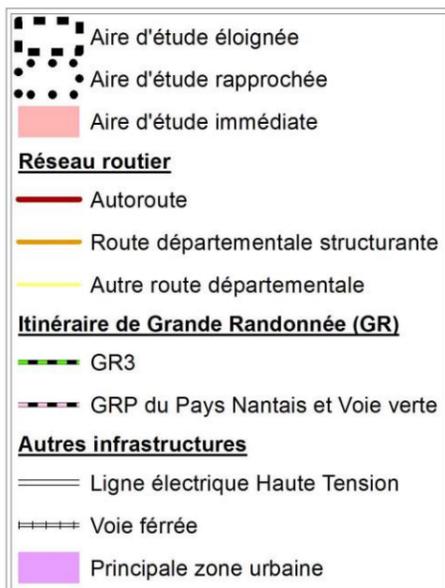
3-2.2.6 Risque de foudre

Le nombre de jours/an où le tonnerre se fait entendre (niveau kéraunique) est pour la Loire Atlantique, de 8 jours /an.

Le niveau Ng (= densité de foudroiement) est de 0,8 coup de foudre/km²/an.

¹ Sur l'échelle de Beaufort, une tempête correspond à des vents dont la vitesse est comprise entre 89 et 102 km/h ; le terme d'ouragan est parfois employé, sous nos latitudes, pour désigner une tempête dont les vents soufflent à plus de 118 km/h (Source : F. BRUEL, www.alertes-meteo.com)

**OCCUPATION DE L'ESPACE
ET INFRASTRUCTURES**



Carte 9 : Environnement matériel dans le périmètre d'étude de dangers

3-3 Environnement matériel

Depuis ces routes principales, de nombreuses petites départementales desservent les communes de la zone d'étude. Elle est ainsi traversée par la RD 316 reliant Teillé à Trans-sur-Erdre et la RD 38 qui relie Mouzeil et Riaillé (voir avis du Conseil Général 44 en annexe 11.3. On trouve ensuite de nombreuses voies communales.

Une voie ferrée traverse la partie Est de l'aire étendue. Les tram-trains qui y circulent font la liaison Nantes-Châteaubriant.

3-3.1 Transport aérien

La Direction Générale de l'Aviation Civile, a donné le 21 novembre 2014 un avis favorable au projet (voir annexe 11.3).

3-3.2 Autre type de transport

Sans objet.

3-3.3 Réseaux publics et privés

La société SFDM (Société Française Donges-Metz) signale qu'un réseau enterré de **canalisations d'hydrocarbures traverse les communes de Teillé et Trans-sur-Erdre.**

Dans le cas où les éoliennes se situent à une distance comprise entre 2 et 4 fois leur hauteur pale comprise, le projet doit faire l'objet d'une étude de risques qui devra être communiquée à la SFDM pour validation auprès du Service de contrôle des oléoducs (voir résumé de l'étude réalisée par le Cabinet VERITAS au chapitre 7).

Signalons la présence d'une ligne moyenne tension qui longe le ruisseau des Aniers et qui traverse le hameau La Guignardière.

3-3.4 Autres ouvrages publics

Sans objet.

3-3.5 Les risques technologiques

Les risques technologiques regroupent le risque industriel et le risque transport de matières dangereuses qui **ne concernent pas les communes pour ce qui est de la zone d'étude « études des dangers ».**

Le risque industriel

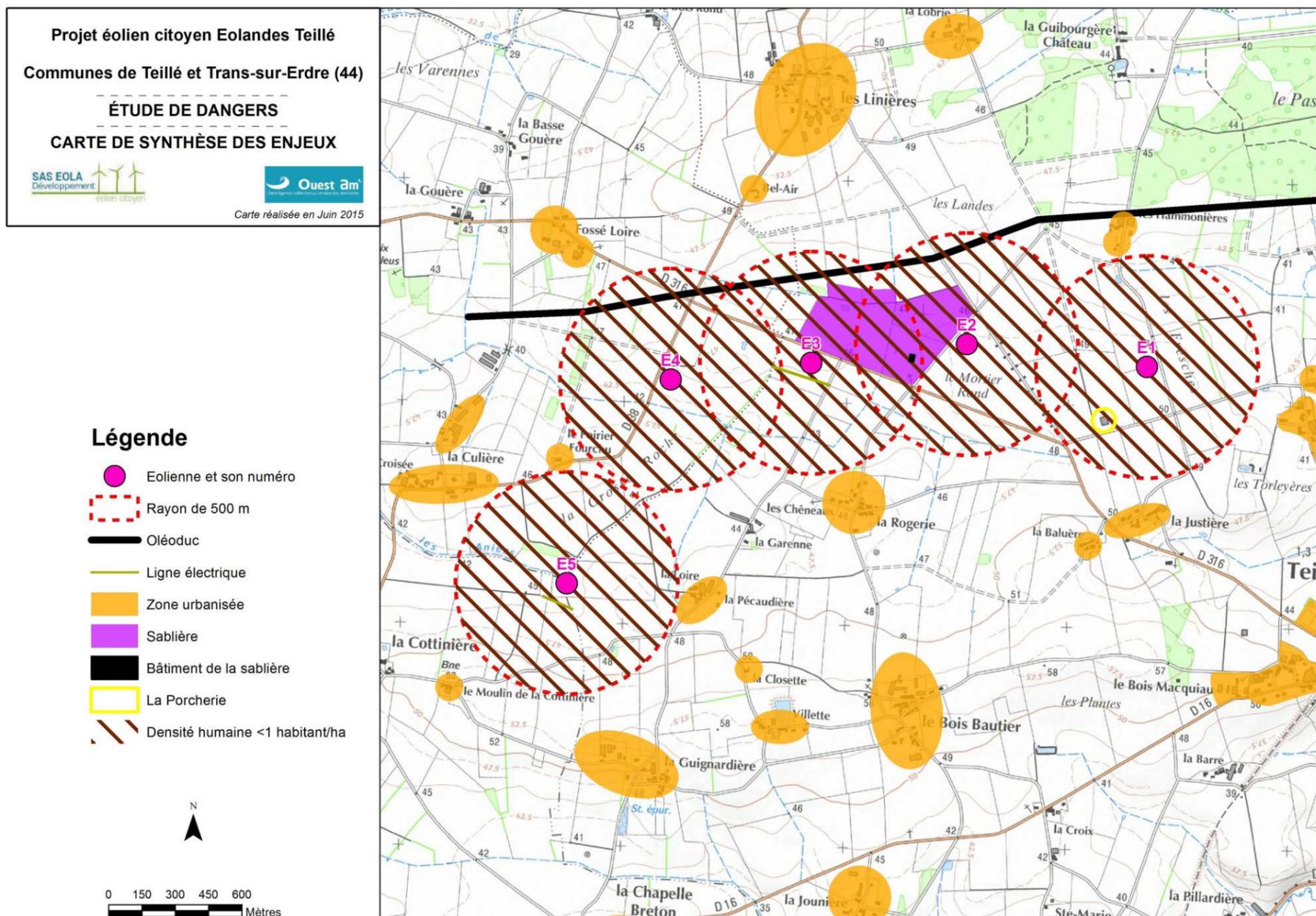
Si les communes concernées par l'aire d'étude ne sont pas concernées par ce risque, **les communes alentours (Les Touches, Ligné, Riaillé, Mésanger) accueillent des sites industriels présentant un risque.** Il s'agit de sites classés SEVESO « seuil haut » (c'est-à-dire atteignant un certain seuil en terme de quantité de matériaux « à risques » manipulés ou stockés).

Le risque transport de matières dangereuses

Aucune des trois communes concernée par le projet ne présente le risque TMD.

3-4 Cartographie de synthèse

La population de Teillé est de 1 764 habitants ce qui pour une surface de 2 855 ha donne une densité d'habitant de 0,6 par hectare. La fiche 1 de la circulation du 10 mai 2010 indique comme mode de calcul en A8 (ICPE non SEVESO) de retenir en zone rurale une densité de 20 personnes par hectare. Dans notre cas, même si l'on ajoute la contribution des voies de circulation et des activités (passages d'agriculteurs dans les parcelles ou dans la porcherie, les salariés de la Sablière : 2 en moyenne), la densité n'atteindra pas une personne par hectare.



Carte 10 : Carte de synthèse des enjeux

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

4-1 Caractéristiques de l'installation

4-1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

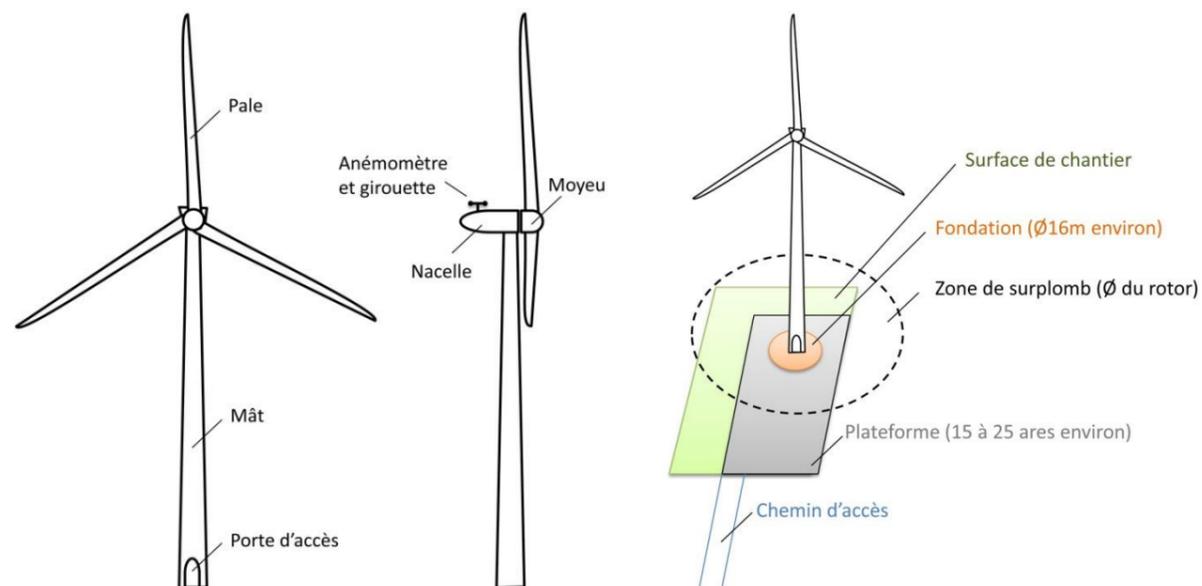


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Illustration des emprises au sol d'une éolienne

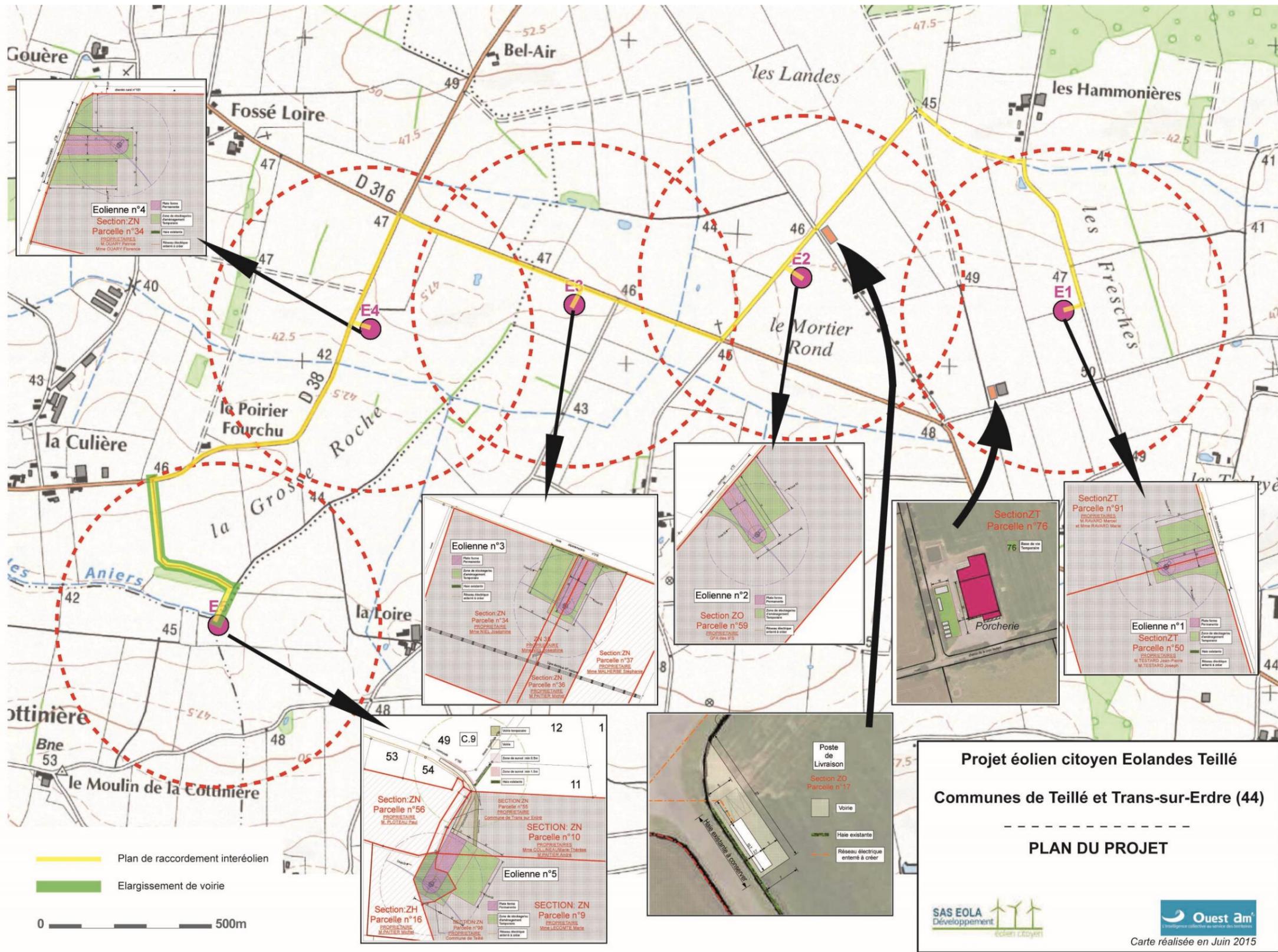
(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale)

4-1.2 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien citoyen Eolandes-Teillé est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 115 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

4-1.3 Composition de l'installation

Le parc éolien de la SAS Eola Développement est composé de 5 aérogénérateurs (modèle SWT-3.0-113 de chez SIEMENS) et de 1 poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 115 mètres (soit une hauteur de mât de 113 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 113 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 171,5 mètres. La puissance de chaque éolienne est de 3MW, soit une puissance totale installée de 15 MW.



Carte 11 : Plan du projet

4-1.4 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 10,8 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 40 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 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 90 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.

4-1.5 Description du modèle retenu

Le nom du modèle d'éolienne retenu est SWT – 3.0-113 de chez SIEMENS. La puissance de chaque éolienne est de 3 MW soit une puissance installée de 15 MW. Le schéma ci-après illustre la silhouette générale du modèle d'éolienne retenu.

Il s'agit d'un modèle composé d'un mât tubulaire en acier (5 sections aciers boulonnées). Le rotor est constitué de trois pales montées sur un axe horizontal. La nacelle est oblongue et s'oriente face au vent. Elle abrite une génératrice (transforme l'énergie mécanique en énergie électrique – type synchrone) et d'autres éléments mécaniques (multiplicateur, transformateur, frein, etc.) nécessaires au fonctionnement de l'ensemble. Le transformateur, situé à la base du mât, convertit la tension de 690 volts, produite par la génératrice, en 20 000 volts, tension du réseau national d'électricité, dans lequel toute l'électricité produite sera injectée. La nacelle intègre également les systèmes de contrôle et de sécurité, internes et à distance.

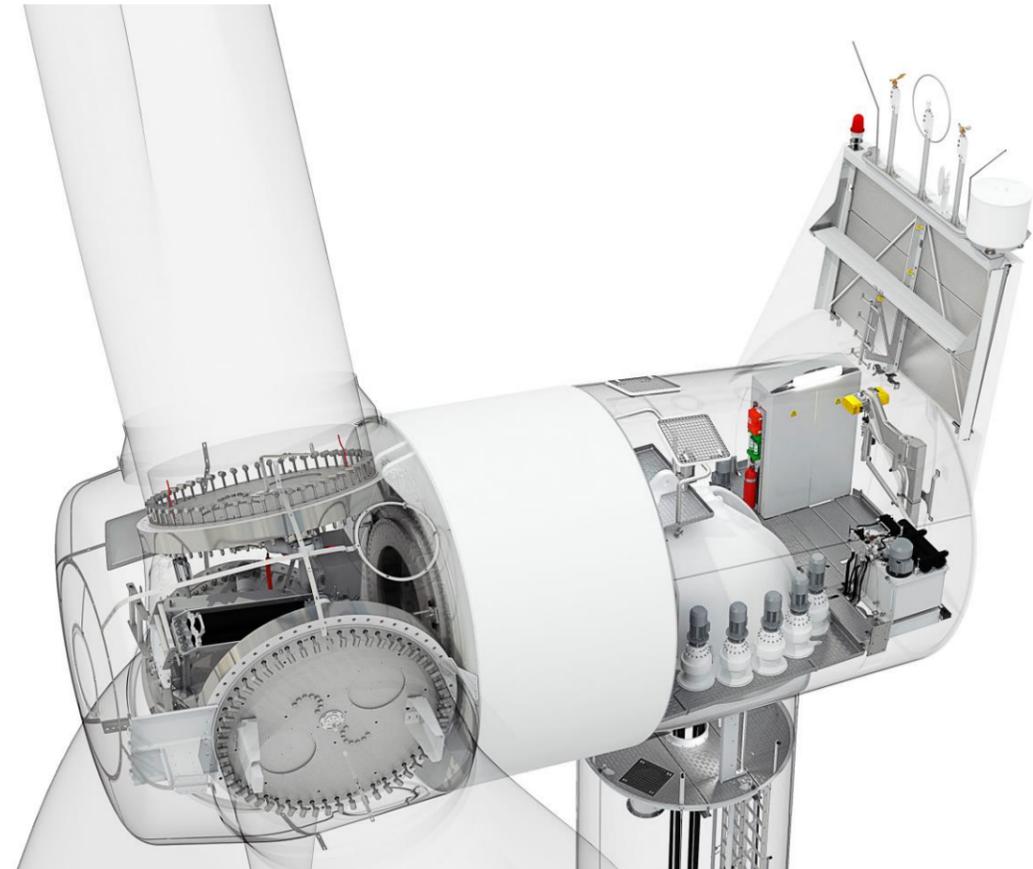


Figure 2 : Schéma de détail de la nacelle (source : SIEMENS)

Les principales caractéristiques techniques des éoliennes sont résumées dans le tableau suivant

Tableau 1 : Caractéristiques des éoliennes SWT-3.0-113 3MW (Source SIEMENS)

Données générales	
Puissance nominale	3 MW
Hauteur du mat	113 m
Hauteur à l'axe du rotor	115 m
Diamètre du rotor	113 m
Hauteur totale (en bout de pale)	171,5 m
Diamètre du mât en acier (au pied du mât)	4,5 m
Rotor	
Sens de rotation	Sens horaire, avec une orientation face au vent
Surface balayée	10029 m ²
Vitesse de rotation	Variable, de 6 à 14 tr/mn
Vitesse de vent à puissance nominale	12 à 25 m/s
Vitesse de démarrage (vitesse minimale de vent)	3 m/s
Vitesse de coupure	25 m/s
Vitesse de destruction	59,5 m/s (214,2 km/h)
Freins aérodynamiques	Mise en drapeau totale
Masse	
Nacelle	77 tonnes
Pale	12 tonnes
Matériaux utilisés	
Mât	Tube acier / boulonné à coque acier
Pale	Quantum B55 : epoxide fibre de verre renforcé

4-1.5.1 La sécurité des éoliennes Siemens SWT-3.0-113

a) Signalisation

Le balisage diurne et nocturne du parc éolien sera conforme à un arrêté du 13 novembre 2009 relatif au balisage des éoliennes. Ainsi le balisage sera constitué pour chaque éolienne de feux rouges (type B) 2 000Cd pour la nuit et de feux blancs (type A) 20 000Cd pour le jour. Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

b) Les systèmes de surveillance

Les systèmes de sécurité sont composés de capteurs embarqués à l'intérieur de l'éolienne. On relève 4 niveaux de surveillance capables de détecter précocement le moindre défaut de l'installation :

- surveillance de la vitesse de rotation,
- surveillance de l'oscillation,
- surveillance des vibrations,
- surveillance de la synchronisation,

c) Le système de freinage

En fonctionnement, les éoliennes SIEMENS sont freinées exclusivement de façon aérodynamique. Ce type de freinage infléchit les forces et moments d'entraînement de l'installation par une réduction de charge ce qui produit le ralentissement du rotor et la réduction du nombre de tours du rotor.

Un arrêt complet du rotor par le système de freins à disques hydrauliques ne se produit que dans un but de maintenance ou par actionnement de la commande d'arrêt d'urgence ou dans le cas d'un arrêt d'urgence automatique. Dans ce cas un frein d'arrêt supplémentaire entre en action afin de renforcer l'efficacité de freinage du réglage de l'angle de calage. Pour des travaux de maintenance sur la structure de la tête de rotor, un dispositif d'arrêt supplémentaire du rotor par un système de boulons est mis en place.

d) Le système parafoudre

La SWT-3.0-113 est équipée du système de parafoudre SIEMENS qui dévie les coups de foudre, évitant ainsi (avec une très grande probabilité) les dégâts pour l'éolienne.

On trouve également un autre paratonnerre au dos de la nacelle qui dévie les courants de foudre dans la terre.

e) Le système « tempête »

L'éolienne ne démarre pas si elle se trouve à l'arrêt ou en fonctionnement au ralenti lorsque la vitesse de vent dépasse 31m/s. Le mode de commande automatique de la SWT-3.0-113 s'arrête également si l'angle maximum admis pour les pales est dépassé. Un anémomètre gelé ne constitue donc pas un risque pour la sécurité. Dans tous les cas, l'éolienne passe en fonctionnement au ralenti.

Les composants de la SWT-3.0-113, comme les pales du rotor, la nacelle, le mât et ses fondations, sont conçus pour résister à des vitesses de vents considérablement plus élevées. L'éolienne démarre automatiquement lorsque la vitesse de vent tombe en dessous de la vitesse de coupure (31m/s) pendant 10 secondes consécutives.

Grâce au système « Storm Control » de SIEMENS, l'éolienne ne s'arrête pas brutalement si les vitesses du vent dépassent 28m/s, mais la puissance est progressivement réduite par le réglage de l'angle des pales du rotor. Ce n'est que lorsque la vitesse du vent s'élève à environ 34m/s que la puissance est réduite jusqu'à atteindre 0. Cette stratégie améliore le comportement électrique sur le réseau et permet également d'accroître la production.

F) Autres dispositifs de sécurité de l'éolienne SWT-3.0-113

Le système de commande comprend un système à multiprocesseurs dans lequel chaque processeur surveille une plage définie de fonctions. Il assure par ailleurs la communication avec le système de surveillance des données à distance.

4-1.6 Sécurité de l'installation

Système de fermeture de la porte

L'accès à l'intérieur de l'éolienne ne peut se faire que par la porte de service située au pied du mât. Cette porte est dotée d'un verrou à clé.

Balisage des éoliennes

Le balisage des éoliennes est défini par les arrêtés du 13 Novembre 2009 et du 7 Décembre 2010. Les éoliennes SWT-3.0-113 sont conformes à cet arrêté.

La couleur des éoliennes est une nuance RAL 7035. Toutes les éoliennes constituant le parc éolien sont dotées d'un balisage lumineux d'obstacle au niveau de la nacelle.

Les feux de balisage d'obstacles font l'objet d'un certificat de conformité de type, délivré par le service technique de l'aviation civile de la direction générale de l'aviation civile (STAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes.

Balisage lumineux de jour

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de jour assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

A 45 m de hauteur, un balisage est également présent sur le mât (de jour comme de nuit).

Balisage lumineux de nuit

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

Protection contre le risque incendie

Système de détection et d'alarme

Les éoliennes Siemens sont équipées d'un système d'alarme couplé à un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un départ de feu dans une éolienne, via le système SCADA. Chaque compartiment électrique est équipé de façon standard d'un détecteur de fumée.

Système de lutte contre l'incendie

L'éolienne de type SWT-3.0-113 3 MW dispose d'extincteurs CO₂ de 5 kg dans la nacelle et la tour. De plus, un extincteur à poudre de 6 kg peut se trouver, en option, dans la nacelle et la tour.

Procédure d'urgence en cas d'incendie

Un plan d'évacuation permet au personnel d'évacuer l'éolienne en cas d'incendie. Le personnel dispose également d'une procédure d'urgence pour donner l'alerte vers les services de secours en cas d'incendie et est formé pour le faire.

Protection contre le risque foudre

La fonction principale du système de protection contre la foudre (Lightning Protection System - LPS) est de protéger les vies et les biens contre les effets destructeurs de la foudre.

Tous les éléments du système sont conçus de manière à résister à l'impact de la foudre, et à ce que le courant de foudre puisse être conduit en toute sécurité aux points de mise à la terre sans dommages ou sans perturbations des systèmes.

Protection des pales

Les pales sont la partie la plus exposée de l'éolienne. Elles composent le point le plus élevé de la structure, elles sont faites essentiellement de matériaux non-conducteurs et peuvent être dangereuses si elles sont endommagées.

Le système de protection est conçu de façon à intercepter et à transmettre la foudre efficacement et en toute sécurité depuis les pales vers le système de protection contre la foudre.

Protection de la nacelle

Les équipements météorologiques et pièces ultrapériphériques de la nacelle sont équipées de dispositifs d'isolation et / ou de conducteurs de descente du courant de foudre jusqu'à la ligne de foudre principale. Ces composants sont conçus pour résister à au moins la valeur maximale de crête pour le niveau de protection choisi.

Protection des roulements

Le passage du courant de foudre dans les roulements de l'éolienne présente un risque de dégâts sur ces composants essentiels. Un chemin de foudre conduit donc le courant de foudre jusqu'à la tour, sans dégâts dans le pitch, le rotor et les roulements d'orientation. Cette voie alternative est réalisée avec des conducteurs souples, des contacts glissants, des balais en cuivre ou des balais durs en carbone et cuivre.

Protection contre la survitesse

Chaque éolienne est dotée d'un système de détection de survitesse et d'un dispositif de freinage pour diminuer les contraintes mécaniques qui s'exercent sur cette dernière lorsque le vent augmente. Les systèmes de coupure s'enclenchent en cas de dépassement des seuils de vitesse. Ce dispositif arrête tout fonctionnement de l'éolienne en cas de tempête par exemple. Cela s'effectue grâce à un frein aérodynamique principal limitant la prise au vent des pâles puis grâce à un frein mécanique auxiliaire.

En cas de défaillance, un système d'alarme est couplé avec un système de détection de survitesse qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal.

Ce dernier 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. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

Protection contre l'échauffement

Les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils critiques de température sont prédéfinis pour chaque type de composant, dans le système de contrôle de l'éolienne.

En cas de dépassement de seuils (caractéristiques sur chaque type d'aérogénérateur, type de composant et prédéfinis), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine.

Protection contre la glace

L'accumulation de glace sur les pales et les instruments météorologiques peut causer des problèmes de fonctionnements de l'éolienne. Trois catégories de problèmes sont importantes : la chute de glace depuis les pales peut nuire à la sécurité autour de l'éolienne, l'accumulation de glace sur les instruments météorologiques peut causer l'interruption, non nécessaire, de fonctionnement de l'éolienne et enfin l'accumulation de glace sur les pales peut réduire, significativement, la puissance de l'éolienne et augmenter les vibrations.

Le parc éolien est situé à plus de 500 mètres des habitations mais des routes publiques sont proches, le risque de givre doit donc être pris en compte.

Protection contre le risque électrique

Les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006.

Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

Les nacelles des éoliennes sont conçues de sorte que tout écoulement accidentel de liquide provenant d'éléments de la nacelle (huile multiplicateur et liquide de refroidissement principalement) est récupéré dans un bac de rétention. Un réservoir de 1000 L, situé dans la tour de l'éolienne, permet ensuite de recueillir les produits de fuite temporairement avant leur évacuation par les moyens appropriés.

Conception des éoliennes

Certification de la machine

Toutes les éoliennes Siemens sont certifiées selon la norme IEC-61400-1 et émis par des organismes internationaux autorisés à délivrer les certificats de type IEC-WT01.

Les éoliennes sont également conformes à la norme IEC EN 61 400-25 relatives à la mise à la terre.

La SAS Eola Développement tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

4-1.6 Opération de maintenance de l'installation

Personnel qualifié et formation continue

Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité :

- Electriquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ;
- Sauveteur Secouriste du Travail.

Planification de la maintenance

Préventive

La maintenance réalisée sur l'ensemble des parcs éoliens est préventive. Elle contribue à améliorer la fiabilité des équipements (sécurité des tiers et des biens) et la qualité de la production (en l'absence de panne subie). Cette maintenance préventive se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation afin d'en limiter l'usure, par le graissage ou le nettoyage régulier de certains ensembles.

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

Curative

En cas de défaillance non détectée de manière préventive, les techniciens interviennent rapidement sur l'éolienne afin d'y palier dans les plus brefs délais.

Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériau combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien Eolandes-Teillé

4-2 Fonctionnement des réseaux de l'installation

4-2.1 Raccordement électrique

Sur la carte n° 10 (projet), est présenté en jaune le tracé des câbles de liaison inter-éoliennes et des câbles de liaison jusqu'au poste de livraison.

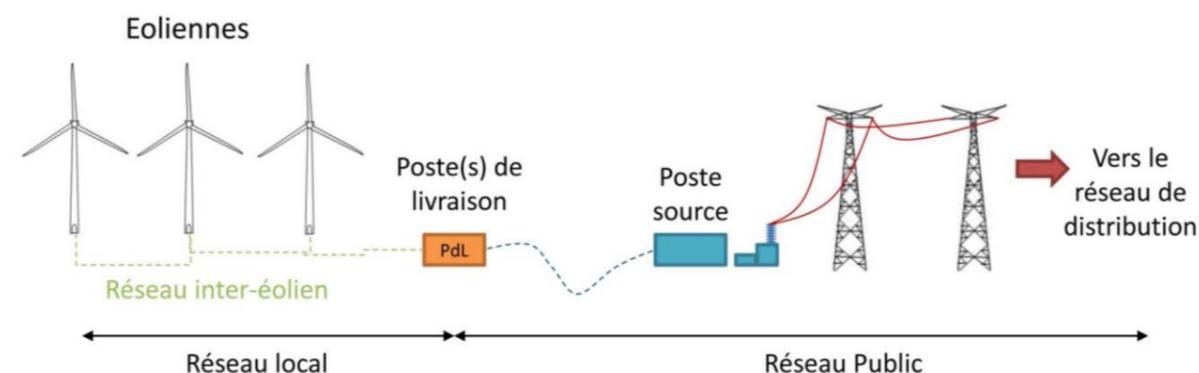


Figure 3 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2013)

Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur 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.

Ces réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et le poste de livraison seront enterrés sur toute leur longueur en longeant les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et le poste de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V.

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. Sur le parc éolien Eolandes Teillé, un seul poste de livraison est prévu près de l'éolienne E n°2.

Cet emplacement a été choisi en fonction de la localisation du poste source vers lequel l'électricité sera ensuite acheminée.

Réseau électrique externe

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

A ce jour, il est envisagé de raccorder le parc éolien Eolandes au poste source de Riallé.

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 fonctionnements, 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.

5-1 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 déchets, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien Eolandes-Teillé sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations : principalement des graisses et des huiles de transmission ou huiles hydrauliques pour systèmes de freinage ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations : solvants, dégraissants, nettoyeurs...

Les principaux produits mis en œuvre dans les éoliennes sont listés sur la page ci-après.

⇒ Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun matériau combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes ou le poste de livraison du parc éolien Eolandes-Teillé

5-2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien citoyen Eolandes-Teillé sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés de manière générique dans le tableau suivant

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission de l'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	Transfer 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

Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)

5-3 Réduction des potentiels de dangers à la source

5-3.1 Principales actions préventives

Les différentes études environnementale et paysagère ont permis de dégager une aire d'étude immédiate où les enjeux environnementaux et paysagers étaient les moindres.

Toutes les habitations ont été dotées d'un rayon de 500 m, ce qui a permis de dégager une zone potentielle pour l'implantation des éoliennes. Au sein de celle-ci, différents scénarios d'implantation ont été comparés. Celui qui a été retenu l'a été de parts son moindre impact paysager, naturaliste, acoustique.

6- ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

6-1 Inventaire des accidents et incidents en France

6-1.1 Bilan accidentologie matériel

Un total de 42 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2012

6-2 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

De nombreux phénomènes peuvent être à l'origine d'incident et d'accident. Toutefois, la tempête (vent fort) associée à un dysfonctionnement du système de freinage est l'une des principales causes.

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

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

6-2.1 Réductions des dangers liés aux installations

Les aménagements et précaution listés ci-après permettent de réduire au maximum les risques de dangers causés par les éoliennes :

- Le balisage des éoliennes,
- Une maintenance régulière est assurée,
- Le port des EPI (Equipements de Protections Individuels) est obligatoire (cf. Notice « hygiène & sécurité »),
- Les systèmes anti-chutes,
- La surveillance constante des équipements.

7- ETUDE DES RISQUES SPECIFIQUES POUR LA CANALISATION DE TRANSPORT D'HYDROCARBURES - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Résumé de l'étude des risques spécifiques pour la canalisation de transport d'hydrocarbures à proximité des éoliennes

(Voir copie de l'étude en annexes)

Le projet prévoit une implantation de cinq éoliennes dont trois à une distance comprise entre 2 fois et 4 fois la hauteur de l'éolienne. La SFDM demande à EOLA Développement d'analyser les risques présentés par l'implantation de ces éoliennes pour l'oléoduc.

La canalisation exploitée par la SFDM permet le transport d'hydrocarbures liquides (essence, gazole, carburéacteur) entre Donges et Metz pour le compte du Ministère de la Défense.

La canalisation de transport traverse le domaine d'étude de 500m autour des éoliennes n°2, n°3 et n°4 recommandés par le guide FEE pour « l'élaboration de l'étude de dangers des parcs éoliens » (distances de 413 m pour E2, de 385 m pour E3 et 370 m pour E4) . Pour les éoliennes n°1 et n°5 la canalisation est localisée au-delà de 500m.

Cette distance de 500m est confortée par l'accidentologie mondiale et elle est considérée de façon conservatrice par le guide FEE comme une distance raisonnable pour la prise en compte de projection de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.

La SFDM a demandé dans son courrier du 3 octobre 2013 à EOLA Développement d'analyser les risques suivants :

- Les risques liés à la chute de tout ou partie d'une éolienne :
 - ❖ risque d'impact direct lié à l'effondrement de la machine ou les décrochements / projections de l'un de ses composants (pale, nacelle, etc.) ;
 - ❖ risque d'impact indirect consécutif à l'effondrement de la machine (onde de choc, modèle de Mayne) ;
- Le risque de contrainte subie par le pipeline (élévation de potentiel) en cas de défaut électrique ;
- Le risque foudre ;
- Le risque ATEX (ATmosphère EXplosive).

EOLA Développement a missionné Bureau-Veritas pour mener cette analyse de risques.

7-1 RISQUE DE CHUTE DE TOUT OU PARTIE DE L'EOLIENNE

Les agressions identifiées par la proximité de l'éolienne pour la canalisation enterrée sont :

- l'endommagement de la canalisation par compression du sol par la chute de la nacelle et/ou du mat de l'éolienne
- l'endommagement de la canalisation par compression du sol par la chute des pales en cas d'effondrement de l'éolienne dans sa totalité
- l'endommagement de la canalisation par projection d'une pale ou d'un fragment de pale

L'endommagement de la canalisation peut alors conduire à des fuites limitées d'hydrocarbures ou à des fuites significatives.

La chute de la nacelle avec le rotor et la chute complète de l'éolienne n'auront donc pas d'impact sur la canalisation de transport à cette distance.

Au de-là de la distance conservatrice correspondant à la hauteur de l'éolienne plus 20% (soit ici 206 m), la probabilité d'impact de la canalisation de transport est considérée comme nulle car physiquement impossible.

Cette distance d'éloignement est très largement respectée (370m) pour le projet de Teillé. La chute de la nacelle ou l'effondrement de n'importe quelle éolienne du projet de Teillé n'est donc pas susceptible d'endommager la canalisation de SFDM.

EVALUATION DU RISQUE D'IMPACT D'UNE PALE OU D'UN FRAGMENT DE PALE D'EOLIENNE SUR LA CANALISATION DE TRANSPORT

Au-delà de la zone de chute de la nacelle et d'effondrement de l'éolienne, seule la chute d'une pale ou d'un morceau de pale d'éolienne pourraient endommager la canalisation de transport enterrée.

7-2 RISQUE Foudre

La probabilité de $7,66 \times 10^{-4}$ d'éjection de tout ou partie de pale, par an, tient compte de la probabilité des impacts de foudre sur l'éolienne, étant donné qu'elle est estimée par le retour d'expérience du parc éolien français.

Ainsi, les effets directs de la foudre sur une éolienne ne sont pas à retenir comme une contribution supplémentaire pour le risque d'endommagement de la canalisation de transport pour les éoliennes du projet Eolandes - Teillé.

Les risques liés aux effets indirects des courants de foudre dans le sol pour les canalisations enterrées sont évalués dans le chapitre suivant.

7-3 RISQUE ELECTRIQUE

La distance entre les installations électriques du parc éolien et la canalisation de transport, est nettement supérieure aux distances minimum recommandées pour l'éloignement des prises de terre.

Par conséquent, la présence des éoliennes à plus de 370m de la canalisation enterrée ne présente pas une augmentation du risque de mise sous tension par rapport aux autres installations électriques présentes sur le parcours de la canalisation enterrée, ni par rapport à un impact de foudre qui tomberait au-delà de la zone d'attraction de l'éolienne (20m).

D'autre part la norme EN 62305-3 [8], relative à la protection contre la foudre, recommande de mettre en place des mesures particulières pour les canalisations de transport vis-à-vis du risque foudre (pontage de section supérieure à 50mm^2 , mise en place d'éclateurs, etc).

7-4 RISQUE ATEX (ATMOSPHERE EXPLOSIVE)

Les produits utilisés pour la lubrification des éoliennes ne sont pas des liquides inflammables susceptibles de générer des vapeurs explosibles à température ambiante.

Le SF₆ utilisé dans l'éolienne peut présenter une source potentielle d'atmosphère explosive en cas de fuite dans l'air et en cas de présence d'une source d'ignition, mais au vu des quantités relativement faibles et de la localisation du produit, ni les effets thermiques ni les effets de surpression n'atteindront pas la canalisation enterrée.

Par conséquent, il n'est pas envisagé d'effet de surpression issu d'atmosphère explosive sur la canalisation de transport enterrée de la SFDM.

CONCLUSIONS

Les dangers suivants ont été recensés comme potentiels agresseurs de la canalisation de transport de SFDM liés à la mise en place de nouvelles éoliennes à proximité :

- La chute de la nacelle de l'éolienne,
- L'effondrement de l'éolienne,
- La projection de pales ou de fragments de pales de l'éolienne,
- Les effets directs de la foudre sur les éoliennes,
- Les effets indirects de la foudre ou de la mise à la terre des installations électriques du site,
- Les effets de surpression liés à l'explosion d'une atmosphère explosive.

La présente étude a montré que les installations du parc éolien Eolandes - Teillé sont situées à une distance suffisante pour considérer que les risques engendrés par les éoliennes et leurs installations annexes sont négligeables vis-à-vis des autres risques encourus par la canalisation de transport enterrée de SFDM, voire que le danger identifié ne peut pas avoir d'impact sur la canalisation (explosion, chute de nacelle ou effondrement d'éolienne).

8- ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

8-1 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) basé sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

8-2 Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

8-2.1 Agression externe liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines. 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) sont recensées, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes en mètres					
					E1	E2	E3	E4	E5	...
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie ou d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	60	64	60	58	>200	
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	0	0	0	0	0	
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	0	0	0	0	0	
Aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	0	0	0	0	0	
Agriculture	Exploitation agricole	Engin agricole qui percute le poste de livraison	Energie cinétique des véhicules	Champ alentours très peu fréquentés et vitesse limitée des véhicules agricoles						

Tableau 2 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (Source : INERIS/SER/FEE, 2013)

Si d'autres agressions externes potentielles existent sur le site d'implantation, elles seront détaillées par le porteur de projet dans son étude de dangers.

8-2.2 Agression externe liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	L'intensité maximale des vents observée dans le secteur : 100 km/h
Foudre	<ul style="list-style-type: none">Densité de foudroiement : 0,8Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) et EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)
Glissement de sols / affaissement miniers	RAS

Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (Source : INERIS/SER/FEE, 2013)

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

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

8-3 Scénario étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes 5.1 et 5.2), l'Analyse Préliminaire des Risques doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

8-4 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)	<p>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/m² 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.</p> <p>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.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>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.</p>

Tableau 3 : Scénarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2013)

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.

9- ETUDES DETAILLEES DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés à l'issue de l'analyse préliminaire des risques en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité. Son objectif est donc de préciser le risque 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.

9-1 Rappel des définitions

a) Intensité

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 %

Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2013)

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

b) Gravité

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

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

Tableau 4 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)

c) Probabilité

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

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

Tableau 5 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)

9-2 Synthèse de l'étude détaillée des risques

9-2.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	[C]	Modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	[C]	Modérée
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	[A]	Modérée
Projection fragmentale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition forte	[D]	Modérée
Projection de glace	1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	[B]	Modérée

Tableau 6 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc

9-2.2 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.

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

Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune

Légende de la matrice :

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

Figure 4 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2013)

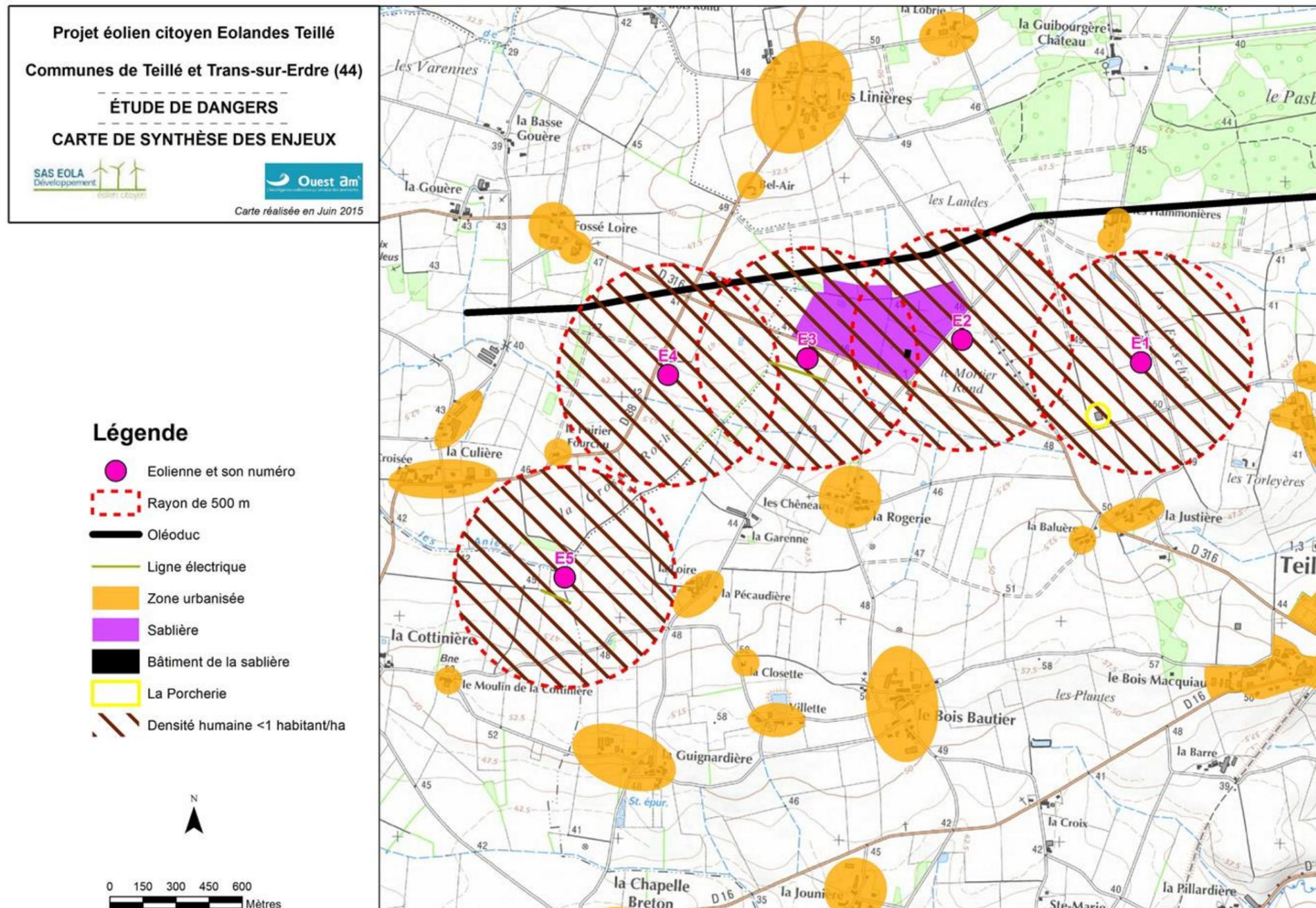
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

9-2.3 Cartographie des risques

Une carte de synthèse des risques est présentée. Elle fait apparaître, pour les scénarios les plus critiques :

- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- Une représentation graphique de la probabilité d'atteinte des enjeux.



Carte 12 : Synthèse des enjeux

10- CONCLUSION

Les principaux accidents majeurs identifiés pour le parc éolien citoyen Eolandes-Teillé sont ceux retenus par le guide de l'étude de danger réalisé par l'INERIS/SER/FEE à savoir :

- Le bris de pale,
- L'effondrement de l'éolienne,
- La chute d'éléments,
- La chute et le bris de glace.

La probabilité d'atteinte d'un enjeu par un projectile est variable en fonction du scénario :

- [C] pour l'effondrement de l'éolienne ;
- [C] pour la chute d'éléments ;
- [A] pour la chute de glace ;
- [D] pour la projection d'un fragment de pale ;
- [B] pour la projection de glace.

Dans la zone de surplomb des éoliennes, là où s'observe la chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est défini à moins de 10 personnes, ce qui représente une gravité sérieuse. Seuls sont concernées E2 et E3.

Dans la zone d'effondrement de la machine (dite également zone de ruine), l'enjeu humain est évalué à moins de 10 personnes. Seuls sont concernées E2 et E3.

Dans la zone de projection de glace, l'enjeu humain est défini à moins de 10 personnes. Sont concernées E2 et E3.

Enfin, sur le reste de la zone, l'enjeu humain reste modéré puisqu'il s'agit, pour l'essentiel, de champs pour lequel le risque est estimé à une personne.

Cette zone est concernée par le bris de pale pour lequel la probabilité de réalisation est de D « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité ».

Les principales mesures de maîtrise des risques mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs sont :

- Des barrières de prévention avec :
 - ✓ Des balisages des éoliennes ;
 - ✓ Des détecteurs de feux ;
 - ✓ Des détecteurs de survitesse ;
 - ✓ Un système antifoudre ;
 - ✓ Des protections contre la glace ;
 - ✓ Des protections contre l'échauffement des pièces mécaniques ;
 - ✓ Des protections contre les courts-circuits ;
 - ✓ Des protections contre la pollution environnementale.
- Une maintenance préventive et vérification :
 - ✓ Planning de maintenance préventive ;
 - ✓ Maintenance des installations électriques ;
 - ✓ Vérifications électrique, incendie, annuelle par un organisme agréé.
- Un personnel formé ;
- Des machines certifiées ;

L'ensemble des scénarios étudiés est en zone de risques intermédiaires, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés est assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps).

Les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée.

