

EPURON



Etude de dangers

Parc éolien des Bouchats 1

Communes de Granges-sur-Aube et Marsangis (51)



ATER Environnement –

RCS de Compiègne n° 534 760 517 – Code APE : 7112B
Siège : 38, rue de la Croix Blanche – 60680 GRANDFRESNOY
Tél : 06 11 92 52 66 – Mail : pauline.lemeunier@ater-environnement.fr

Rédacteur : Mme Pauline LEMEUNIER

SOMMAIRE

1	PREAMBULE	5	8	ETUDES DETAILLEES DES RISQUES	59
1.1.	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS	5	8.1.	RAPPEL DES DEFINITIONS	59
1.2.	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	5	8.2.	DETERMINATION DES PARAMETRES POUR L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	61
1.3.	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	6	8.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	67
2	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	7	9	CONCLUSIONS	69
2.1.	RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF.....	7	10	ANNEXES	71
2.2.	LOCALISATION DU SITE.....	11	10.1.	SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	71
2.3.	DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE	11	10.2.	PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	73
3	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	13	10.3.	GLOSSAIRE	73
3.1.	ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE	13	10.4.	BIBLIOGRAPHIE	75
3.2.	ENVIRONNEMENT NATUREL	14	10.5.	TABLE DES ILLUSTRATIONS	76
3.3.	ENVIRONNEMENT MATERIEL	19	10.6.	COORDONNEES WGS 84	77
3.4.	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE	23	10.7.	K-BIS DE LA SOCIETE « PARC EOLIEN DES BOUCHATS ».....	78
4	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	25			
4.1.	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	25			
4.2.	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	26			
4.3.	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	33			
5	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....	43			
5.1.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	43			
5.2.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	44			
5.3.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE.....	44			
6	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	47			
6.1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	47			
6.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	49			
6.3.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS SURVENU SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	49			
6.4.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	49			
6.5.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	50			
7	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	51			
7.1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	51			
7.2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....	51			
7.3.	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	51			
7.4.	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	52			
7.5.	EFFETS DOMINOS SUR LES ICPE	54			
7.6.	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	55			
7.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	58			

1 PREAMBULE

1.1. Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société « Parc éolien des Bouchats », Maître d'Ouvrage et futur exploitant du parc, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du nouveau parc éolien des Bouchats (situé à proximité du parc éolien de La Chapelle : Parc éoliens de Hauts-Moulins, Moulins des Champs et Plaine dynamique), 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.

Le parc éolien des Bouchats est scindé en trois projets : Les Bouchats 1, Les Bouchats 2 et Les Bouchats 3.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du **parc éolien des Bouchats 1**. 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 des Bouchats 1 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, en étroite collaboration avec la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR), le Syndicat des Energies Renouvelables (SER) et la France Energie Eolienne (FEE).

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, 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 et le Guide Technique SER/FEE/Ineris pour l'Elaboration de l'étude de danger dans le cadre des parcs éoliens (Mai 2012) :

- 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.

1.3. Nomenclature des installations classées

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

N°	A – Nomenclature des installations classées		
	Désignation de la rubrique.	A, E, D, S, C (1)	Rayon (2)
2980	Production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent (ensemble des machines d'un site) :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m ; 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât à 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..... b) inférieure à 20 MW.....	A	6
		A D	6

(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

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)

Le parc éolien des Bouchats 1 comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (103,05 m à hauteur de tour pour ce site) : 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.

Pour mémoire : de manière plus précise, le projet du parc éolien des Bouchats 1 est constitué de trois éoliennes. Les aérogénérateurs envisagés ne sont pas connus précisément (nom du fournisseur, puissance unitaire précise) à la date du dépôt du présent dossier. Cependant, les données de vent sur le site ainsi que les contraintes et servitudes ont permis de définir une enveloppe dimensionnelle maximale (gabarit) à laquelle répondront les aérogénérateurs (tableau n°2) qui seront installés sur les positions précises, définies sur le tableau 13 page 25. Le parc comprend également un poste de livraison.

Nom d'aérogénérateur	Constructeur	Puissance (MW)	Hauteur au moyeu (m)	Diamètre rotor (m)	Hauteur en bout de pale (m)
V90	Vestas	2	105	90	150
MM92	Senvion	2,05	100	92,5	146,25
V100	Vestas	2,6	100	100	145
N100	Nordex	2,5	100	99,8	149,9
MM100	Senvion	2	100	100	150

Tableau 2 : Inventaire des éoliennes possibles (non exhaustif) pour le projet (source : EPURON, 2014)

Les caractéristiques dimensionnelles sont donc déterminées de façon à ce que la combinaison des éléments qui composent l'aérogénérateur ne dépasse pas les 150 m de hauteur maximale en bout de pale en position verticale. Tout en respectant cette hauteur maximum, les hauteurs de mât pourront varier entre 95 m et 103,05 m et pour les pales entre 45 m et 49 m.

Ces caractéristiques dimensionnelles permettent d'englober les machines disponibles aujourd'hui sur le marché et qui seraient appropriées pour le site.

Ainsi, dans la présente étude, nous nous sommes placés de manière systématique dans les cas les plus contraignants à savoir :

- Hauteur maximale d'éolienne : 150 m ;
- Diamètre rotor maximal : 100 m ;
- Base de mât maximale : 4,3 m ;
- Hauteur maximale de mât : 103,05 m ;
- Hauteur maximale au moyeu : 105 m ;
- Accroche de la pale maximale : 2,2 m ;
- Longueur de la pale maximale : 49 m

⇒ Ainsi, pour ce parc éolien, la hauteur maximale, en bout de pale, de l'éolienne sera de 150 m pour une puissance totale évoluant entre 6 et 7,8 MW.

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. Renseignement administratif

Le demandeur est la société « Parc éolien des Bouchats », le Maître d'Ouvrage du projet et futur exploitant du parc.

L'objectif final de la société « Parc éolien des Bouchats » est la construction du parc avec les éoliennes les plus adaptées au site, la mise en service, l'opération et la maintenance du parc pour le compte de la société « Parc éolien des Bouchats » pendant la durée d'exploitation du parc éolien.

La société « Parc éolien des Bouchats » sollicite l'ensemble des autorisations liées à ce projet et prend l'ensemble des engagements en tant que future société exploitante du parc éolien.

Raison sociale	PARC EOLIEN DES BOUCHATS
Forme juridique	Société à responsabilité limitée à associé unique
Capital social	7 500 Euros
Siège social	9 avenue de Paris – 94300 VINCENNES
Registre du Commerce	803 306 109 R.C.S CRETEIL
N° SIRET	803 306 109 00031
Code NAF	3511 Z / Production d'électricité

Tableau 3 : Référence administrative de la société Parc éolien des Bouchats (source : EPURON, 2015)

Nom	GILBERT
Prénom	Benoit
Nationalité	Française
Qualité	Gérant

Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : EPURON, 2015)

Pour plus de renseignements, un KBis de la société « Parc éolien des Bouchats » est disponible au chapitre 10.7. La présente étude de dangers a été rédigée par Mme Pauline LEMEUNIER du bureau d'études ATER Environnement dont l'ensemble des coordonnées administratives se trouve au recto de la page de garde.

2.1.1. Le groupe EPURON

En 2016, **EPURON SAS** comprend 12 personnes réparties sur deux sites : **Vincennes et Nantes**. La compétence, l'expertise et la disponibilité des équipes garantissent un contact et des services de qualité.

La société **EPURON SAS** assure les missions liées au développement du projet et à la coordination de sa construction, dans le cadre de contrats de services de développement et de construction avec la société d'exploitation du « Parc éolien des Bouchats ».

Grâce à un réseau régional et international de compétences, la société **EPURON SAS** a acquis un savoir-faire lui permettant de maîtriser toutes les étapes en termes de réalisation de projets éoliens. Pour mener à bien ses projets, une large concertation est menée auprès des riverains, des élus et des administrations afin de permettre la meilleure intégration du parc éolien dans le territoire.

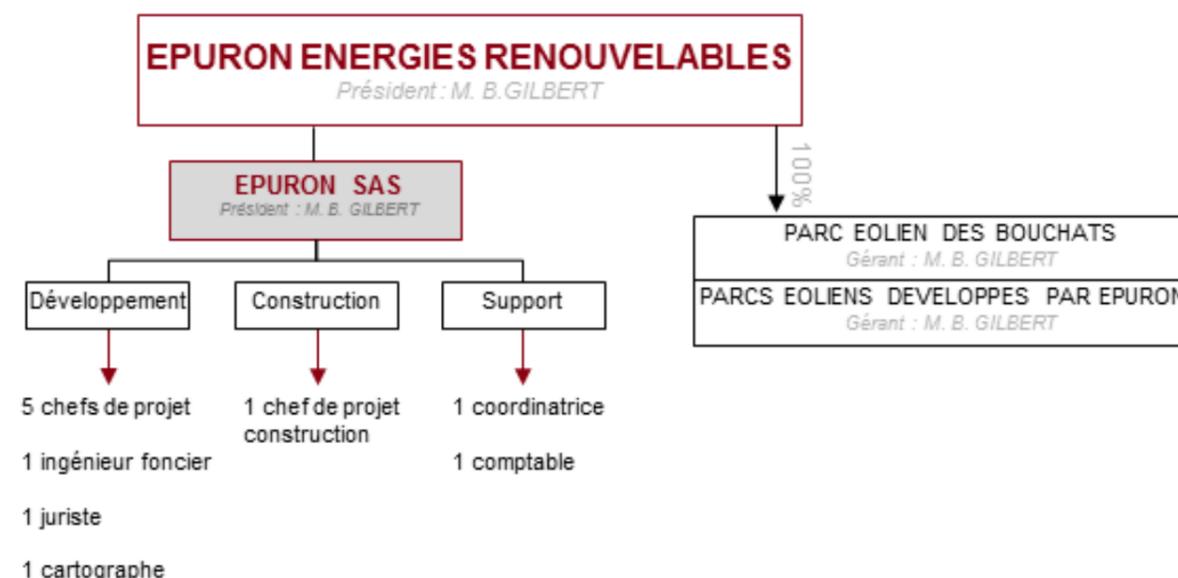


Figure 1 : Organigramme de la filiale EPURON (source : EPURON, 2017)

2.1.2. EPURON ENERGIES RENOUVELABLES

Le Groupe EPURON ENERGIES RENOUVELABLES a pour vocation de développer, construire, exploiter et investir dans des moyens de production d'électricité en utilisant les énergies renouvelables et plus particulièrement l'énergie éolienne. Cette présence continue sur toute la chaîne de production (de l'identification du site et de la rencontre des acteurs locaux à la production d'électricité) assure un suivi efficace et pertinent de nature à renforcer les liens avec les territoires.

2.1.3. La société Parc éolien des Bouchats

Présentation

La société « Parc éolien des Bouchats », pétitionnaire et Maître d'ouvrage, présentera seule la qualité d'exploitance des installations visées par la présente demande et assurera, à ce titre, le respect de la législation relative aux installations classées, tant en phase d'exploitation qu'au moment de la mise à l'arrêt.

Compte tenu de la nature de l'activité de la société, le « Parc éolien des Bouchats » s'appuiera sur les compétences des filiales du groupe et des prestataires expérimentés de la filière éolienne.

Localisation géographique

Echelle : 1/120 000 ème

Légende :
Projet du parc éolien des Bouchats :

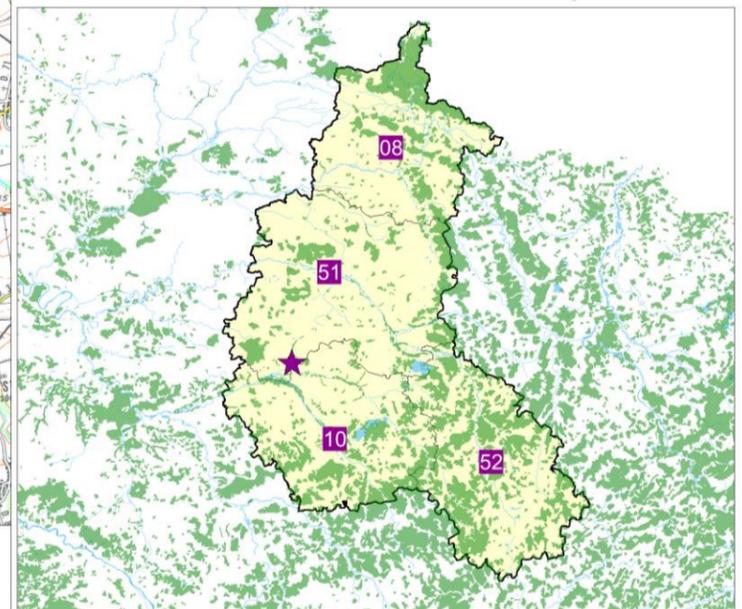
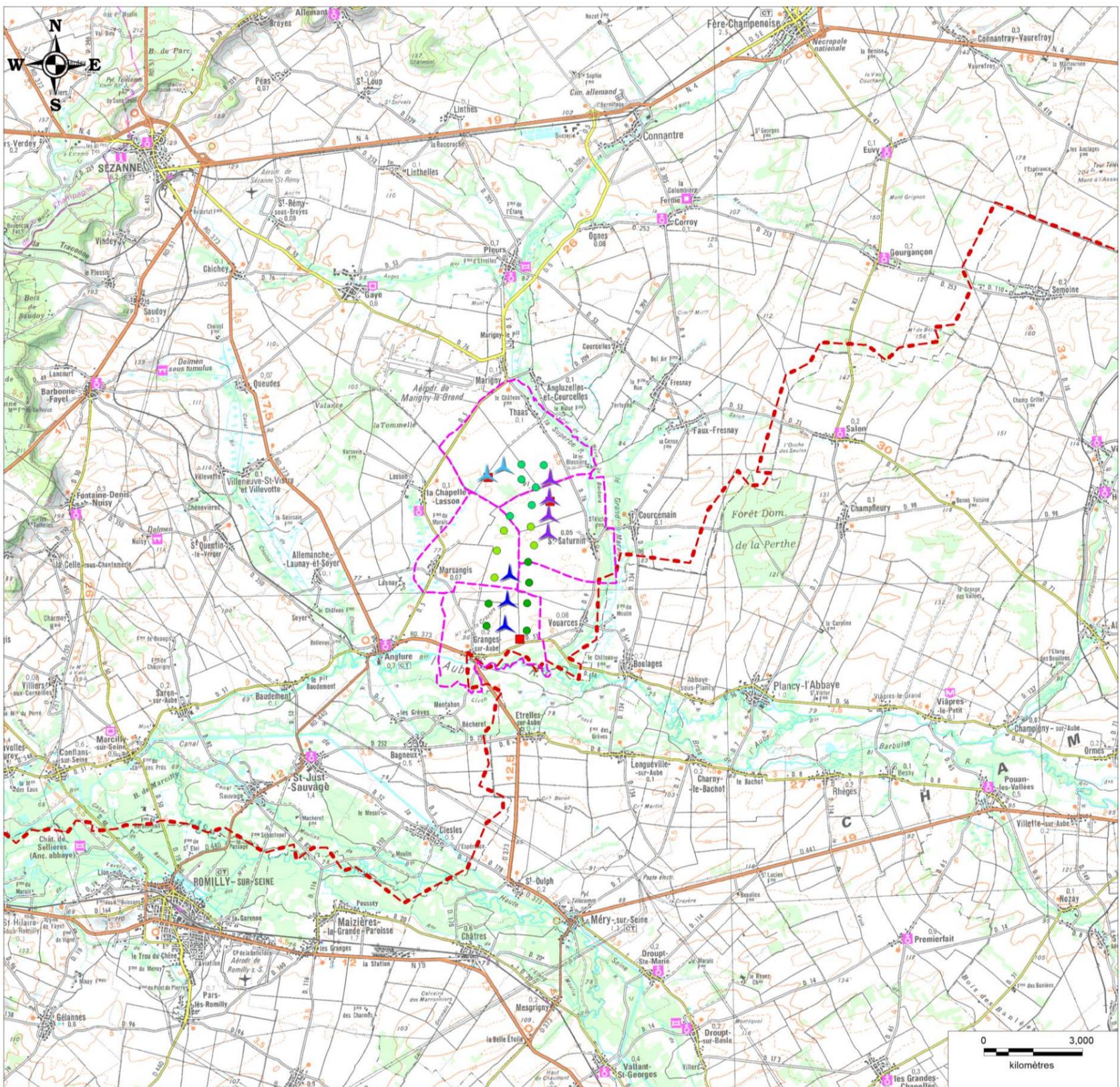
-  Les Bouchats 1
-  Les Bouchats 2
-  Les Bouchats 3
-  Poste de livraison

Parcs éoliens rivaux :

-  Plaine Dynamique
-  Moulin des Champs
-  Hauts Moulins

Limite territoriale :

-  Limite communale
-  Limites départementales



Sources. Scan100® ©IGN PARIS - Licence EPURON - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Novembre 2015.

Carte 1 : Localisation géographique de l'installation

Les références régionales et nationales

Ci-après, se trouvent les tableaux recensant les parcs éoliens développés et en cours de construction par la société EPURON SAS.

PARCS EN INSTRUCTION = 85,9-108,9 MW

Projet éolien	Région	Département	Nbre d'éoliennes	Type d'éoliennes	Puissance unitaire	Puissance totale
CHARENTE LIMOUSINE	Nouvelle Aquitaine	Charente (16)	7	N131	3 MW	21 MW
LA BOËME	Nouvelle Aquitaine	Charente (16)	6	Gabarit (N117 - V117 - E115)	2,4 - 3,3 MW	14,4 - 19,8 MW
LES BOUCHATS	Grand Est	Marne (51)	9	Gabarit (V90 - MM92 - V100 - N100 - MM100)	2 - 2,6MW	18 - 23,4MW
MOULINS DU BOIS	Bourgogne – Franche-Comté	Yonne (89)	9	Gabarit (N117 - E115 - V117 - G114 - V112)	2,5 - 3,3 MW	22,5 - 29,7 MW
SAINT-MAURICE-LA-CLOUERE	Nouvelle Aquitaine	Vienne (86)	5	Gabarit (E115 - N100 - V100 - MM100)	2 - 3MW	10 - 15 MW

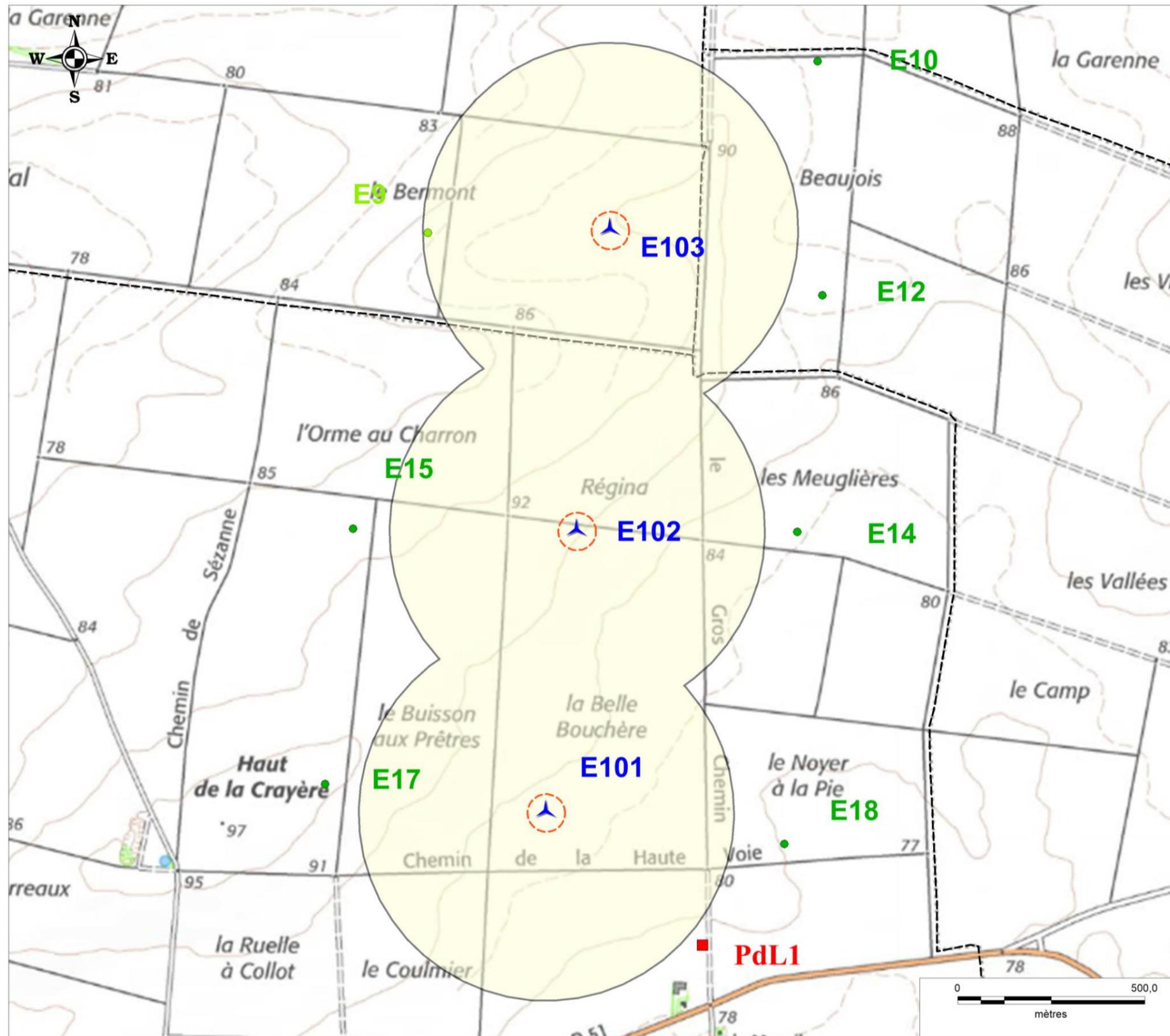
PARCS EN CONSTRUCTION = 20 MW

Parc éolien	Région	Département	Nbre d'éoliennes	Type d'éoliennes	Puissance unitaire	Puissance totale
LA VALLEE DE TORFOU	Centre – Val-de-Loire	Indre (36)	8	N100	2,5 MW	20 MW

PARCS EN ACTIVITE DEVELOPPES ET/OU CONSTRUIIS PAR EPURON

Parc éolien	Région	Département	Nbre d'éoliennes	Type d'éoliennes	Puissance unitaire	Puissance totale installée
Développés et construits par EPURON						91,8 MW
BONNEUIL-LES-EAUX	Hauts-de-France	Oise (60)	5	N90	2,4 MW	12 MW
CHAUDE VALLEE	Hauts-de-France	Somme (80)	6	MM92	2 MW	12 MW
FRESNOY-BRANCOURT	Hauts-de-France	Aisne (02)	6	E82	2,3 MW	13,8 MW
HAUTS MOULINS	Grand Est	Marne (51)	6	V90	2 MW	12 MW
MORVILLERS	Hauts-de-France	Somme (80)	6	MM92	2 MW	12 MW
MOULINS DES CHAMPS	Grand Est	Marne (51)	6	V90	2 MW	12 MW
PLAINE DYNAMIQUE	Grand Est	Marne (51)	5	V90	2 MW	10 MW
LE MELIER	Hauts-de-France	Somme (60)	4	MM100	2 MW	8 MW
Construits par EPURON						68,4 MW
DERVAL LUSANGER	Pays de Loire	Loire-Atlantique (44)	8	MM82	2 MW	16 MW
LA SOUTERRAINE	Nouvelle Aquitaine	Creuse (23)	4	G97	2 MW	8 MW
OYRE SAINT SAUVEUR	Nouvelle Aquitaine	Vienne (86)	5	E82	3 X 2,3 MW 2 X 2 MW	10,9 MW
PATIS	Pays de Loire	Maine et Loire (49)	3	N100	2,5 MW	7,5 MW
SAINT RIQUIER 3	Hauts-de-France	Somme (80)	7	E70	2 MW	14 MW
SAINT RIQUIER 4	Hauts-de-France	Somme (80)	6	E70	2 MW	12 MW

Tableau 5 : Parcs éoliens développés, en exploitation et en cours de construction (source : EPURON, 2016)



Localisation du périmètre d'étude de dangers

Echelle : 1/10 000 ème

Légende :

- Périmètre de la zone d'étude de dangers (500 m)
- Projet du parc éolien Les Bouchats 1 :
- ▲ Eolienne
- Poste de livraison
- Zone de surplomb par les pales (50 m)
- Parcs éoliens riverains :
- Parc éolien des Hauts Moulins
- Parc éolien de la Plaine Dynamique
- Parc éolien de Moulin des Champs
- Territoire :
- Limite communale

Source: Scan25® ©IGN PARIS - Licence EPURON - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Novembre 2015.

Carte 2 : Définition du périmètre d'étude de dangers

2.2. Localisation du site

2.2.1. Localisation générale

Le parc éolien des Bouchats 1, composé de trois aérogénérateurs et d'une structure de livraison, est localisé sur les territoires des communes de GRANGES-SUR-AUBE et MARSANGIS qui appartiennent à la Communauté de Communes du Pays d'Anglure e, dans le département de la Marne (51) (cf. carte n°1).

Il est situé à 36 km au Nord-Ouest de Troyes, à 51 km au Sud-Ouest de Châlons-en-Champagne et à 61 km au Sud-Sud-Ouest de Reims.

2.2.2. 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 et/ou des promesses de convention de servitudes.

Les limites de propriété de l'installation correspondent aux mâts des éoliennes et au poste de livraison. Le détail est présenté dans le tableau ci-contre.

Remarque : la preuve de la maîtrise foncière (attestations) se trouve en annexe du dossier intitulé « Dossier de demande », joint au présent dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter.

2.3. Définition du périmètre de l'étude

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

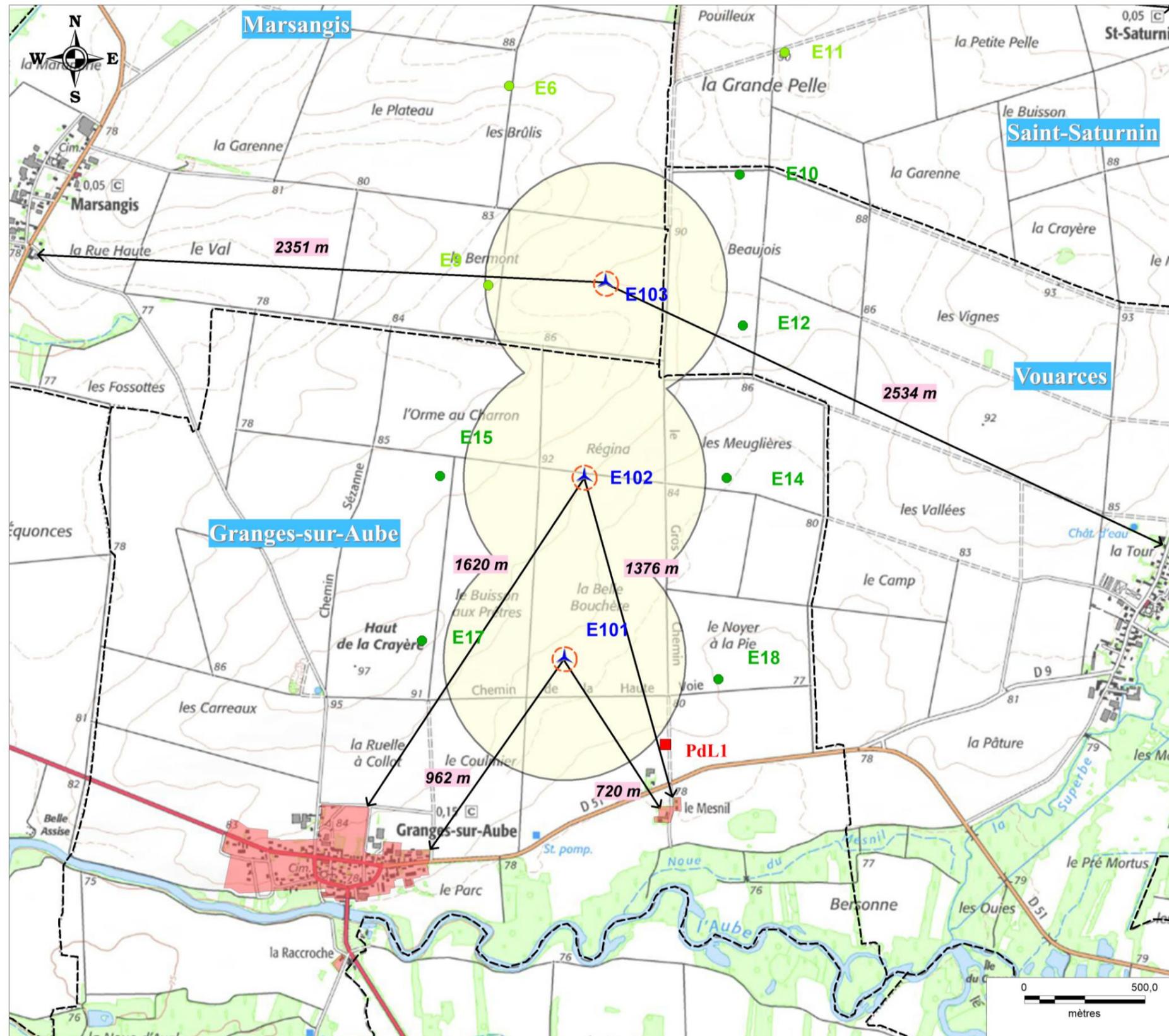
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4.

La zone d'étude n'intègre pas les environs de la structure de livraison, qui seront néanmoins représentés 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.

Eolienne	Commune	Lieu-Dit	Section	Numéro	Superficie (m ²)
E101	Granges-sur-Aube	Belle Bouchère	Y	1	92 264
E102	Granges-sur-Aube	La Tetote	Y	12	32 340
E103	Marsangis	Regina	ZL	24	43 050

Tableau 6 : Identification des parcelles cadastrales (source : EPURON, 2014)

Remarque : les attestations de la maîtrise foncière se trouvent en annexe du dossier administratif joint au présent dossier de Demande d'Autorisation Unique



Distances aux premières habitations et aux futures zones à urbaniser

Echelle : 1/15 500 ème

Légende :

- Périmètre de la zone d'étude de dangers (500 m)
- Projet du parc éolien Les Bouchats 1 :
 - Eolienne
 - Poste de livraison
 - Zone de surplomb par les pales (50 m)
- Parcs éoliens riverains :
 - Parc éolien des Hauts Moulins
 - Parc éolien de la Plaine Dynamique
 - Parc éolien de Moulin des Champs
- Urbanisme :
 - Zone urbanisée
 - Distance aux zones urbanisées ou à venir
- Territoire :
 - Limite communale

Source: Scan25® ©IGN PARIS - Licence EPURON - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Novembre 2015.

Carte 3 : Distance aux premières zones urbanisées ou à urbaniser

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 lié à l'activité humaine

3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables

L'habitat est relativement concentré dans la zone d'étude. Toutefois, quelques fermes peuvent également circonscrire le parc éolien envisagé. Ainsi, le parc projeté est éloigné des zones constructibles (construites ou urbanisables dans l'avenir) de :

- Territoire de GRANGES-SUR-AUBE (Carte communale) :
 - ✓ Bourg à 962 m de l'éolienne E101 et 1620 m de E102 ;
 - ✓ Hameau de « Le Mesnil » à 720 m de l'éolienne E101 et 1376 m de E102 ;
- Territoire de VOUARCES (RNU) :
 - ✓ Bourg à 2534 m de l'éolienne E103 ;
- Territoire de MARSANGIS (RNU) :
 - ✓ Bourg à 2351 m de l'éolienne E103.

⇒ Dans le périmètre de la zone d'étude de dangers, aucune zone urbanisée n'est présente. La première habitation est à 720 m du futur parc éolien (Hameau de « Le Mesnil » / Territoire de GRANGES-SUR-AUBE).

Focus démographique sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers

Les territoires communaux intégrant le périmètre d'étude de dangers sont GRANGES-SUR-AUBE et MARSANGIS, communes d'accueil de l'installation, ainsi que la commune de VOUARCES.

L'estimation de la population de ces communes est indiquée dans le tableau ci-dessous (Recensement Général de la Population, 2009).

Commune	Nb Habitant	Densité (Hab./m ²)	Nb de logement	Maisons individuelles
GRANGES-SUR-AUBE	179	22,2	95	99%
MARSANGIS	51	7,6	20	100%
VOUARCES	57	9,6	32	100%

Tableau 7 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (Insee, 2009)

Relatif aux territoires accueillant le projet, la commune de GRANGES-SUR-AUBE est la commune la plus peuplée. Elle compte plus de 150 habitants en 2009 d'après les données de l'INSEE. Les autres communes sont des villages ne dépassant pas les 60 habitants.

La commune de GRANGES-SUR-AUBE a une croissance démographique importante depuis 1999, avec une variation de +3,7. En revanche, les communes de VOUARCES et MARSANGIS ont une croissance démographique négative depuis 1999 avec une variation respective de -1,0 et -1,1.

La densité de population estimée en 2009 à l'échelle des communes intégrant le périmètre d'étude de dangers montre que toutes les communes présentent une densité très nettement inférieure à celle du département et de la région (Marne : 69,4 hab./km², Champagne-Ardenne : 52,3 hab./km²), **ce qui confère aux territoires d'implantation un caractère rural.**

De manière générale, l'habitat est constitué en grande majorité de maisons individuelles (en moyenne un peu plus de 99 %). Notons que ces territoires comptent une à deux zones urbanisées. **L'habitat est donc plutôt concentré.**

Document d'urbanisme

Les communes de VOUARCES et MARSANGIS ne disposent pas de document d'urbanisme régissant leurs territoires. En l'absence de document d'urbanisme approuvé, le Règlement National de l'Urbanisme (RNU, Code de l'Urbanisme) s'applique.

Un territoire communal intégrant le périmètre de dangers est doté de document d'urbanisme. Il s'agit de :

- GRANGES-SUR-AUBE : Carte communale approuvée le 25 octobre 2012.

Aucun SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) n'existe pour ces communes.

3.1.2. Etablissement recevant du public (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est présent sur le territoire de la zone d'étude de dangers.

3.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Installations nucléaire de base

Aucune centrale nucléaire ne se trouve à proximité du projet. La centrale la plus proche est celle de Nogent-sur-Seine située à 27 kilomètres au Sud-Ouest du projet. Le site n'est donc pas soumis à un risque nucléaire.

Etablissement SEVESO

Aucun établissement classé SEVESO n'est recensé sur les territoires du périmètre d'étude de dangers.

Le plus proche est une coopérative agricole sur la commune de Sézanne (Silos à Enjeux Très Importants), situé à 11,7 km au Nord-Est du projet.

⇒ Aucun établissement SEVESO n'intègre le périmètre de la zone d'étude de dangers.

Etablissement ICPE – hors éolien

Relatif aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et selon la base de données BASIAS, aucun site industriel ne se trouve sur les communes d'implantation. Le plus proche se situe sur le territoire communal d'Allemanche-Launay-et-Soyer à 3 km à l'Ouest du projet. Il s'agit d'une société coopérative agricole de déshydratation toujours en activité.

⇒ Aucun établissement ICPE (hors éolien) n'intègre le périmètre de la zone d'étude de dangers.

Etablissement ICPE éolien

Les parcs éoliens de Hauts Moulins, Moulins des Champs et Plaine Dynamique ont été construits en 2012. Ces parcs, constitués de dix-sept éoliennes au total, sont situés sur les communes de Thaas, Saint-Saturnin, Marsangis, Vouarces et Granges-sur-Aube. L'éolienne la plus proche se situe à 486 m à l'Ouest de l'éolienne E103 la plus proche.

⇒ Une éolienne du parc éolien de Plaine Dynamique (E8) intègre le périmètre de la zone d'étude de dangers, la plus proche étant à 486 m de l'éolienne E103.
 ⇒ Cette éolienne fera l'objet d'actions de maintenance très ponctuelles nécessitant l'intervention de 2 à 3 techniciens. Au vue de la faible fréquentation de cette éolienne, l'enjeu humain est très faible voire négligeable.

3.1.4. Autres activités

Le périmètre d'étude de dangers, recouvre principalement des zones de pâtures où une activité agricole est exercée.

3.2. Environnement naturel

3.2.1. Contexte climatique

Le territoire d'étude est soumis à un **climat océanique dégradé**. Les automnes et hivers sont doux et souvent humides. Les étés sont secs et parfois orageux. Cependant, il pleut davantage à Nice qu'à Troyes.

Remarque : la station de référence la plus proche est celle de Troyes-Barberey. Elle est située à 112 mètres d'altitude à côté de l'aéroport de « Troyes en Champagne », à 36 km au Sud-Est de la zone d'implantation du projet.

Température

L'amplitude de la variation annuelle de la température moyenne de l'air est de 11°C. La température moyenne du mois de Janvier, mois le plus froid, est de 3° (minimum moyen 0°C - maximum moyen 6°C); les hivers sont généralement assez doux. La température de Juillet, mois le plus chaud, est de l'ordre de 19°C (minimum moyen 13°C - maximum moyen 25°C).

La moyenne annuelle avoisine 11,0°C.

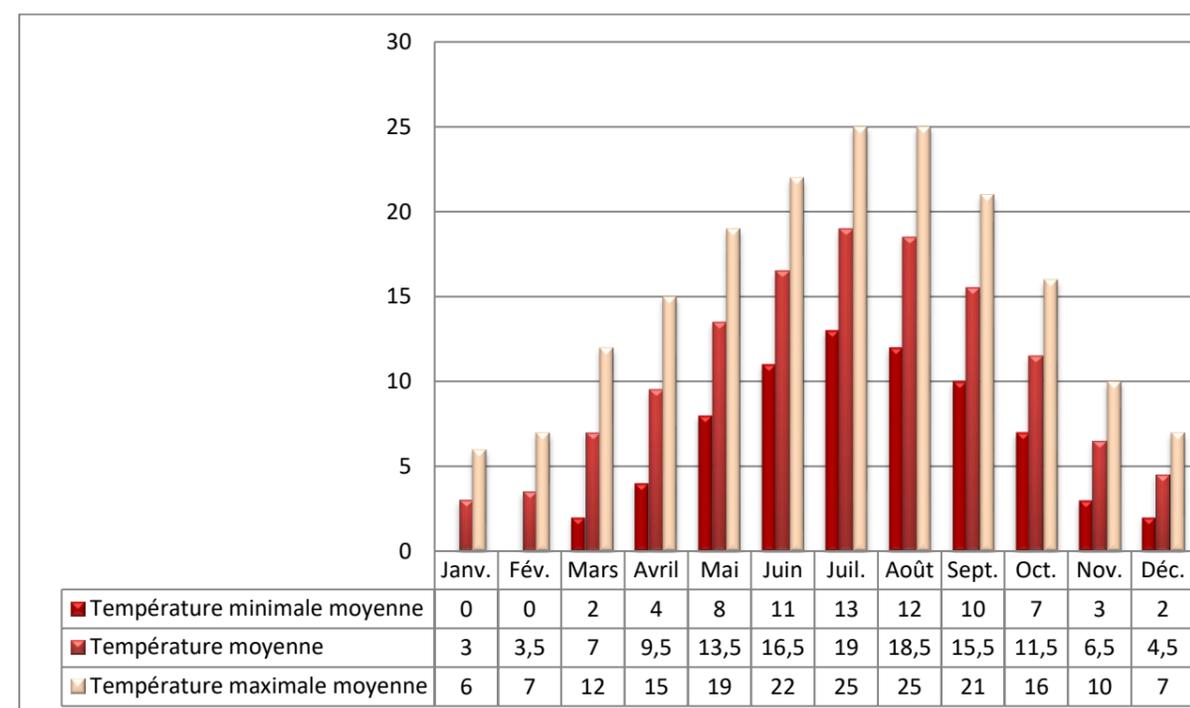


Figure 2 : Illustration des températures sur 33 ans – Station de Troyes-Barberey (source : Insee, Station de Troyes-Barberey)

Pluviométrie

La répartition des précipitations sur l'année est assez hétérogène. Il pleut davantage sur les mois d'Avril et Juillet que sur les autres mois de l'année.

La pluviométrie annuelle moyenne est de 620 mm/an qui est inférieure à celle de Nice (767 mm/an).

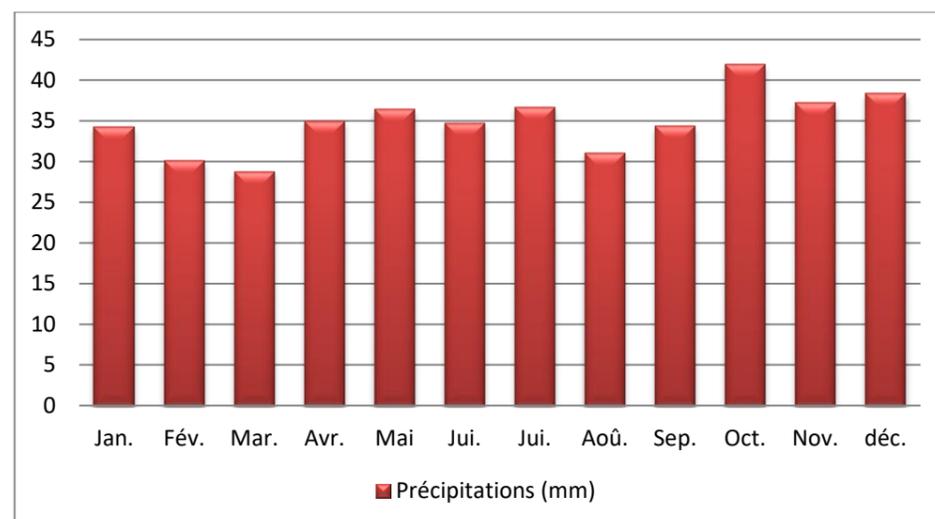


Figure 3 : Illustration des précipitations sur 33 ans – Station de Troyes-Barbery (source : Insee, Station de Troyes-Barbery)

Neige / Gel

La ville de Troyes compte 14 jours de neige par an tout comme la moyenne nationale. Elle connaît également 62 jours de gel par an.

Orage, grêle, brouillard, tempête

La ville de Troyes compte 22 jours d'orage par an tout comme la moyenne nationale. Le climat est moyennement orageux avec une densité de foudroiement moyenne de 18. Elle connaît également 53 jours de brouillard contre 40 jours par an pour la moyenne nationale.

En ce qui concerne les paramètres de grêle et de vent, les valeurs données ci-après correspondent à la ville de Reims située à 62 km au Nord-Est du site d'implantation ; aucune donnée pour la ville de Troyes n'étant disponible. Ainsi, la ville de Reims compte 4 jours de grêle par an en moyenne.

Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57 km/h. La ville de Reims connaît 43 jours par an de vent fort.

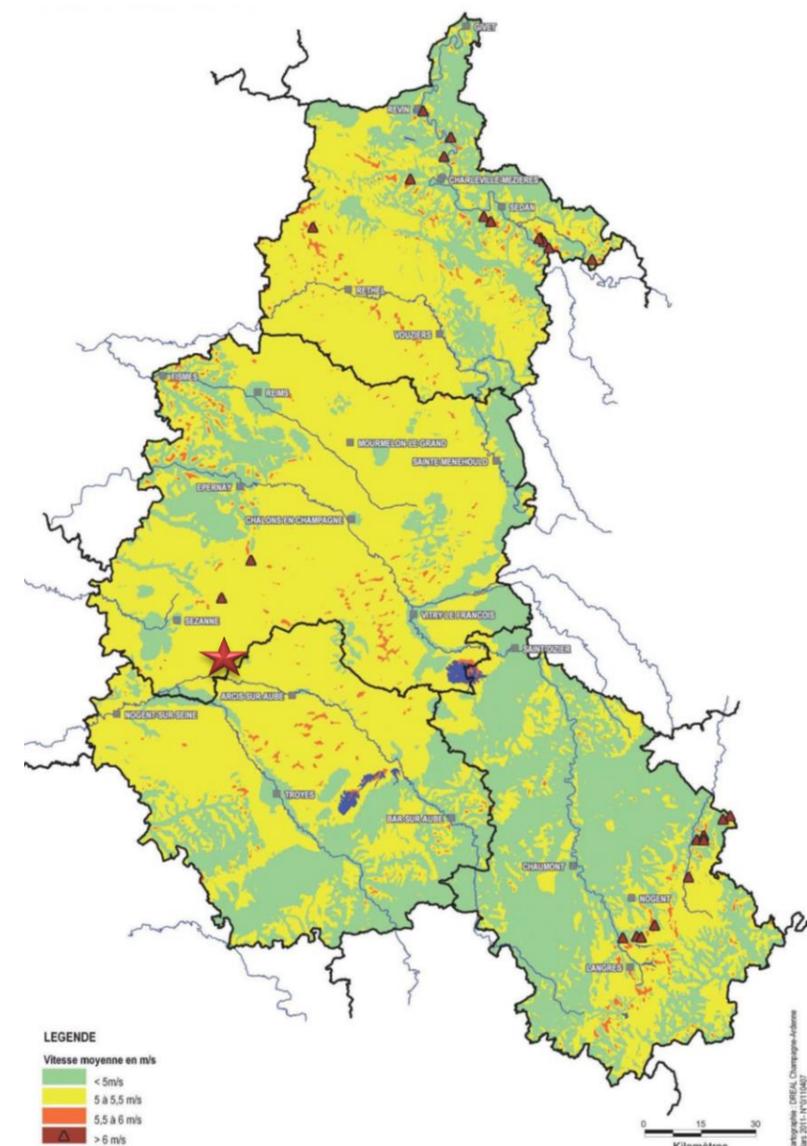
Ensoleillement

Le secteur d'étude bénéficie d'un ensoleillement inférieur à la moyenne nationale : 1 771 h pour la station de Troyes-Barbery contre 1 973 h pour la moyenne française.

Vent

D'après le Schéma Régional Eolien, le site d'étude intègre une zone fortement ventée, orientée Nord-Ouest / Sud-Est dans l'extrême Sud du département. Les vitesses de vent sont estimées, à 50 m d'altitude, entre 5,0 et 5,5 m/s.

⇒ A l'échelle régionale, le site projeté intègre une zone ventée avec des vents évoluant entre 5 et 5,5 m/s à 50 m d'altitude.



Carte 4 : Gisement éolien de la région Champagne-Ardenne / Etoile rouge – Localisation du site (SRE, 2013)

Arrêté de catastrophes naturelles

Les communes concernées par le périmètre d'étude de dangers ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle (source : prim.net) pour cause de :

Commune	Nature de la catastrophe naturelle	Date arrêté
Vouarces	Inondations et coulées de boue	04/02/1983
	Inondations et coulées de boue	16/05/1983
	Inondations et coulées de boue	29/12/1999
Marsangis	Inondations et coulées de boue	04/02/1983
	Inondations et coulées de boue	16/05/1983
	Inondations et coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
Granges-sur-Aube	Inondations et coulées de boue	04/02/1983
	Inondations et coulées de boue	16/05/1983
	Inondations et coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999

Tableau 9 : Inventaire des arrêtés de catastrophe naturelle sur le périmètre de l'étude de dangers (source : prim.net, 2013)

Inondation

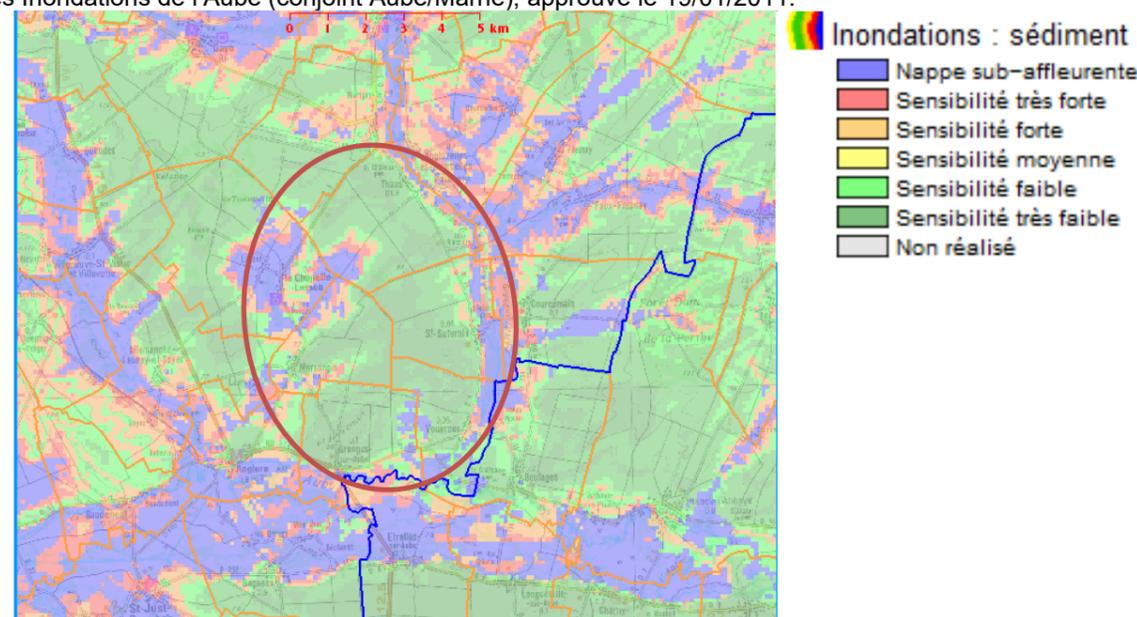
Définition

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau.

On distingue trois types d'inondations :

- La montée lente des eaux par débordement d'un cours d'eau ou remontée de la nappe phréatique,
- La formation rapide de crues torrentielles consécutives à des averses violentes,
- Le ruissellement pluvial renforcé par l'imperméabilisation des sols et les pratiques culturales limitant l'infiltration des précipitations.

Les territoires des communes de Granges-sur-Aube et de Vouarces sont inclus dans un Plan de Prévention aux Risques Inondations de l'Aube (conjoint Aube/Marne), approuvé le 19/01/2011.



Carte 5 : Sensibilité des territoires des communes d'implantation du projet aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe – Légende : Cercle rouge / Implantation du site (source : inondationsnappes.fr)

Sur le territoire d'étude

Les communes de Granges-sur-Aube et Vouarces figurent dans un Plan de Prévention des Risques aux Inondations.

⇒ Seuls les territoires de Granges-sur-Aube et de Vouarces intègrent le Plan de Prévention des Risques aux Inondations de l'Aube. Toutefois, le site d'implantation se situe en surplomb du cours d'eau sur un des points hauts de ces territoire. Le risque d'inondation est donc faible.

Mouvements de terrain

Définition

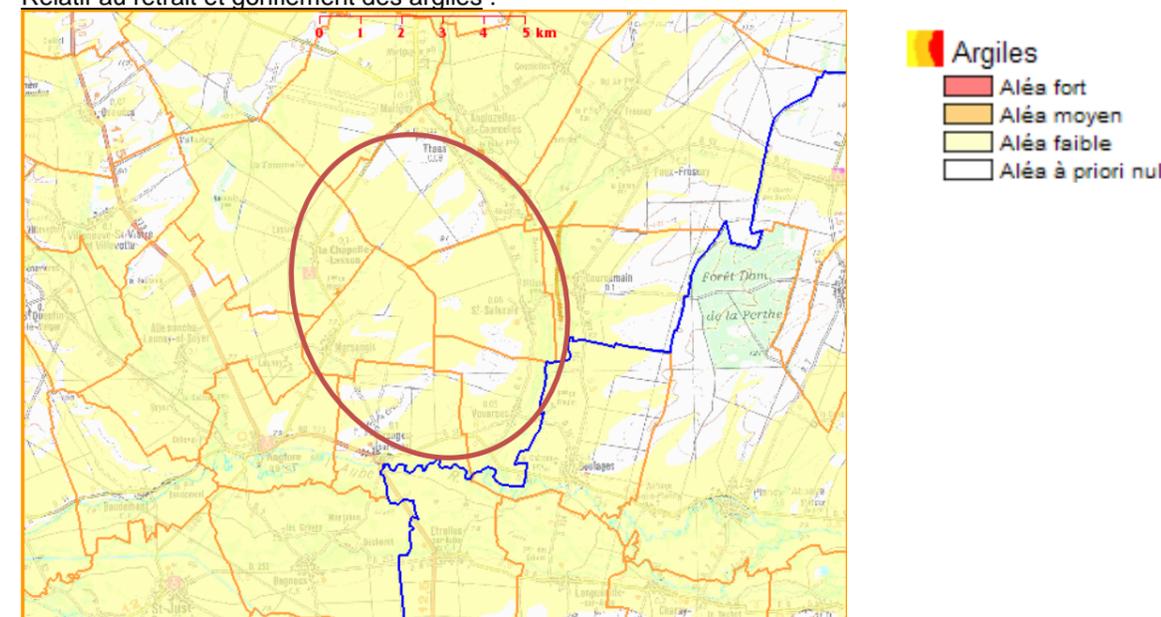
Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeux sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour).

Sur le territoire d'étude

Aucune commune d'implantation ne présente sur son territoire une cavité (non publique) (source : bdcavité.net, 2012).

⇒ Les territoires d'accueil ne sont pas identifiés comme présentant un risque de mouvement de terrain relatif aux cavités par le DDRM 51. De plus, aucun arrêté de catastrophe naturelle n'a été pris pour ce type de risque.

Relatif au retrait et gonflement des argiles :



Carte 6 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le site d'étude – Légende : Cercle rouge / Implantation du site (source : www.argiles.fr, 2013)

⇒ Le site d'implantation est soumis à un aléa faible de retrait et gonflement des argiles. Ce point sera confirmé ou infirmé par la réalisation de sondages lors de la phase de travaux.

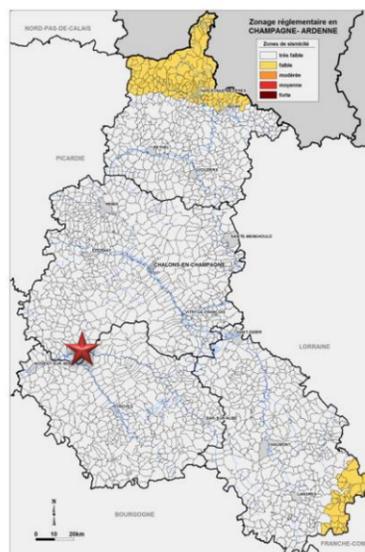
Risque sismique

Définition

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations.

Le séisme est le risque naturel majeur qui cause le plus de dégâts.

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (source : www.planseisme.fr).



Carte 7 : Zones sismiques en Champagne-Ardenne – Légende : Etoile rouge / localisation du site (source : planseisme.fr, 2013)

Sur le territoire d'étude

L'actuel zonage sismique classe les territoires d'accueil du projet en zone de sismicité 1. Ce secteur ne présente pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal.

⇒ Le territoire d'accueil du parc éolien projeté est donc soumis à un risque sismique très faible.

Feux de forêt

Définition

Les feux de forêts sont des incendies qui se déclarent et se propagent sur une surface d'au moins un demi-hectare de forêt, de lande, de maquis, ou de garrigue.

Pour se déclencher et progresser, le feu a besoin des trois conditions suivantes :

- **une source de chaleur (flamme, étincelle)** : très souvent l'homme est à l'origine des feux de forêts par imprudence (travaux agricoles et forestiers, cigarettes, barbecue, dépôts d'ordures...), accident ou malveillance,
- **un apport d'oxygène** : le vent active la combustion,
- **un combustible** (végétation) : le risque de feu est lié à différents paramètres : sécheresse, état d'entretien de la forêt, composition des différentes strates de végétation, essences forestières constituant les peuplements, relief,...

Sur le territoire d'étude

Le risque lié aux feux de forêt n'est pas abordé dans Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Marne.

⇒ Compte-tenu de la nature agricole de la zone d'implantation du parc projeté, le risque « feux de forêt » est donc faible.

Tempête

Définition

L'atmosphère est un mélange de gaz et de vapeur d'eau, répartie en couches concentriques autour de la Terre. Trois paramètres principaux caractérisent l'état de l'atmosphère :

- **la pression** : les zones de basses pressions sont appelées **dépressions** ; celles où les pressions sont élevées, anticyclones ;
- **la température** ;
- **le taux d'humidité** : une tempête correspond à l'évolution d'une perturbation atmosphérique ou de dépression où se confrontent deux masses d'air aux caractéristiques bien distinctes (température – humidité).

Cette confrontation engendre un gradient de pression très élevé, à l'origine de vents violents et/ou de précipitations intenses. On parle de tempêtes pour des vents moyens supérieurs à 89 km/h (degré 10 de l'échelle de Beaufort qui en comporte 12).

Les tempêtes d'hiver sont fréquentes en Europe, car les océans sont encore chauds et l'air polaire déjà froid. Venant de l'Atlantique, elles traversent généralement la France en trois jours, du Sud-Ouest au Nord-Est, leur vitesse de déplacement étant de l'ordre de 50 km/h.

Sur le territoire d'étude

Selon le DDRM de la Marne, le département a connu depuis 1990 six tempêtes (le 3 février 1990, le 28 février 1990, le 26 décembre 1999, le 17 décembre 2004, le 8 décembre 2006 et le 28 février 2010). Il s'agit donc d'un enjeu possible pour le territoire d'étude dont il faudra tenir compte pour le projet.

⇒ Le territoire d'accueil du parc projeté est donc soumis à un risque tempête modéré.

Foudre

Définition

Pour définir l'activité orageuse d'un secteur, il est fait référence à la densité de foudroiement qui correspond au nombre d'impact foudre par an et par km² dans une région.

Sur le territoire d'étude

Le climat global du département est moyennement orageux (densité de foudroiement de 18, légèrement inférieur à la moyenne nationale, 20).



Carte 8 : Densité de foudroiement - Légende : Etoile bleue / Localisation du site (source : Météo France)

⇒ Le territoire d'accueil du parc projeté est donc soumis à risque foudre faible.

3.3. Environnement matériel

3.3.1. Voies de communication

Les seules voies de communication présentes dans la zone d'étude de dangers sont des infrastructures routières, aucune voie ferrée ou navigable n'étant présente.

Infrastructure aéronautique

- Avis de l'Armée de l'Air

Le bureau d'étude ATER Environnement a envoyé une demande de servitude à l'Armée de l'Air le 20/08/2013. Aucune réponse n'a jusqu'à ce jour été reçue.

Dans le cadre d'un premier dépôt du présent dossier en février 2015, le service instructeur du dossier ICPE a reçu le 23 avril 2015 un courrier du Ministère de la Défense rendant un avis favorable au dossier.

- Avis de la DGAC

Selon le courrier réponse en date du 26/08/2013, le projet est implanté à environ 27 kilomètres dans le Sud-Ouest de l'aérodrome de Châlons-Vatry et à 10 kilomètres dans le Sud-Est de l'aérodrome de Sézanne-Saint-Rémy. Ce projet n'est concerné par aucune servitude aéronautique et radioélectrique. Il est cependant situé dans un secteur à l'aplomb duquel ont été instaurées deux altitudes minimales de sécurité :

- ✓ AMSR (altitude minimale de sécurité radar) fixée à la cote NGF 757 ;
- ✓ MSA (altitude minimale de secteur) destinée à protéger les trajectoires d'approche aux instruments de l'aérodrome de Châlons-Vatry. Cette altitude, fixée à la cote NGF 635, est prise en compte dans la détermination de la hauteur maximale admissible des futurs obstacles artificiels.

Ainsi, afin de garantir la sécurité de ces procédures aux instruments, en respect de la marge de franchissement d'obstacles (MFO) réglementaire, la construction de tout nouvel obstacle artificiel est limitée à la cote NGF 335.

Sur la base d'éoliennes de 150 mètres de hauteur (pale à la verticale) le projet culmine à la cote NGF 249, altitude inférieure à la cote NGF maximale admissible citée supra. En conséquence, rien ne s'oppose à la poursuite du projet.

Infrastructure ferroviaire

La ligne ferroviaire la plus proche est localisée au Sud du projet, à 10 km de l'éolienne E101.

⇒ Aucune voie ferrée ne traverse le périmètre d'étude de dangers.

Infrastructure routière

Le domaine routier est confié au Conseil Général de la Marne.

Introduction

Pour mémoire, même si le périmètre d'étude de dangers ne recoupe pas ces infrastructures routières, il est noté les éléments suivants :

- Aucune autoroute ne traverse le site d'étude. La plus proche est l'A26 – E17, L'Autoroute des Anglais, située à environ 22,8 km à l'Est de l'éolienne E104 la plus proche ;
- Le réseau de routes nationales (en 2 x 2 voies) - en l'occurrence la route nationale 4, reliant Paris à Strasbourg, est situé à 13,8 km au Nord de l'éolienne E103 ;
- Une route départementale structurante, la D373 est localisée à 1,3 km de l'éolienne E101 la plus proche.

Infrastructure routière présente sur le périmètre d'étude

Le périmètre d'étude de dangers recoupe les infrastructures routières suivantes :

- Des voies communales, notées Vc sur la carte ;
- Des chemins ruraux, identifiés Cc sur la carte.

Relatifs aux chemins ruraux (ou communaux) et aux voies communales, aucune donnée n'est disponible. Toutefois, d'après les communes, le trafic est estimé inférieur à 200 véhicules/jour.

Pour les chemins de randonnées : aucun chemin de randonnée n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

Numéro de l'éolienne	Distance à la Vc	Distance au Cc
E101	/	147 m Cc1 428 m Cc2
E102	/	333 m Cc3 20 m Cc4
E103	/	253 m Cc3 367 m Cc4 430 m Cc5

Tableau 10 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures intégrant leur périmètre d'étude de dangers

Risque de transport de matière dangereuse (TMD)

Le risque de transport de marchandises dangereuses, ou risque TMD, est consécutif à un accident se produisant lors du transport de ces marchandises par voie routière, ferroviaire, voie d'eau.

Aucun territoire communal n'est concerné par un risque TMD.

3.3.2. Réseaux publics et privés

Réseau public

Canalisation de gaz

Aucune canalisation de gaz n'évolue sur le périmètre d'étude de dangers.

Pipeline

Aucune canalisation d'hydrocarbure n'évolue sur le périmètre d'étude de dangers.

Autre réseau

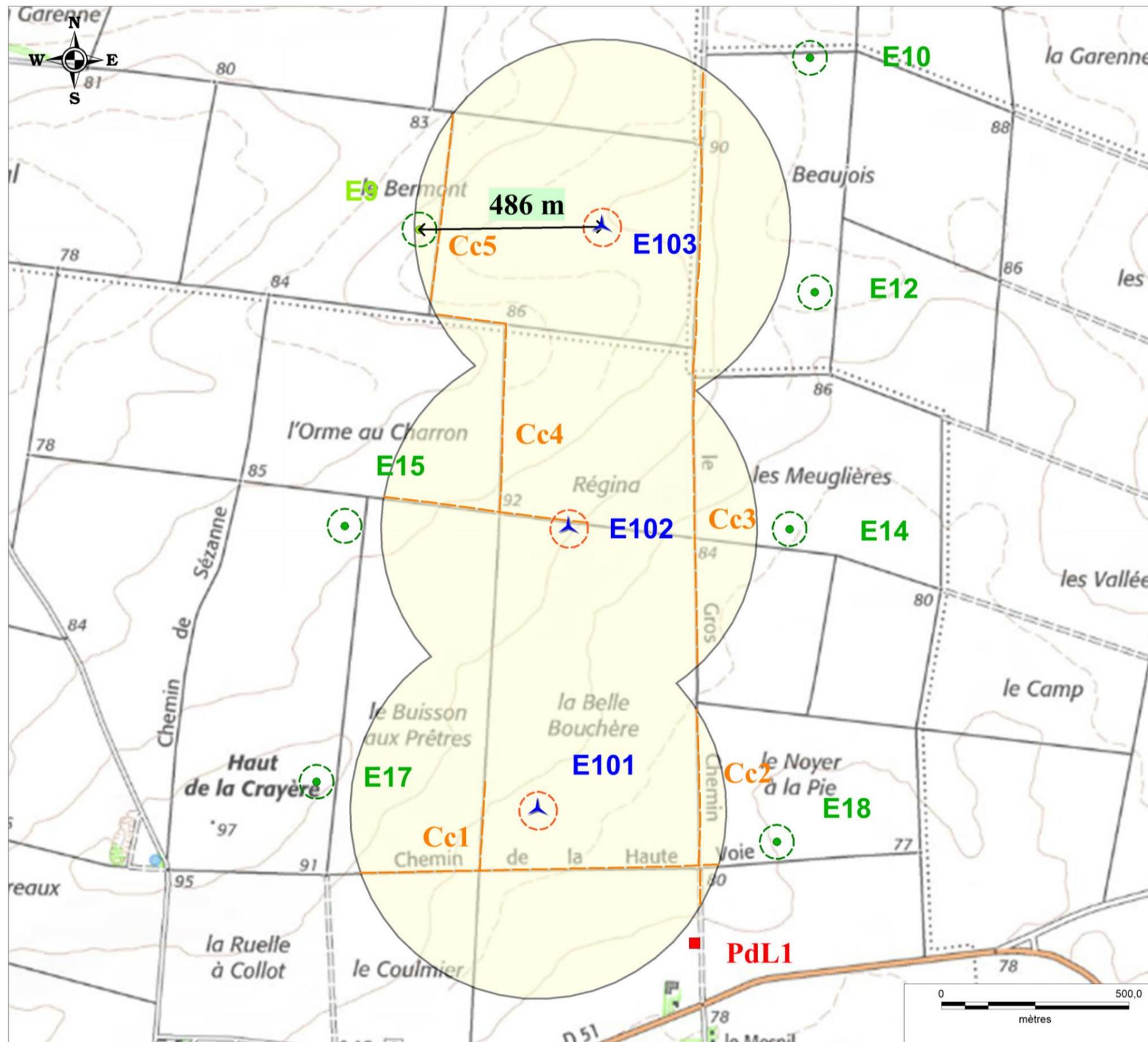
Aucun autre réseau public n'est présent dans le périmètre d'étude de dangers.

Réseau privé

Aucun réseau privé n'est présent dans le périmètre d'étude de dangers.

Enjeux matériels

Echelle : 1/10 000 ème



Légende :

◻ Périètre de la zone d'étude de dangers (500 m)

Projet du parc éolien Les Bouchats 1 :

▲ Eolienne
 ■ Poste de livraison

▭ Zone de surplomb par les pales (50 m)

Parcs éoliens riverains :

● Parc éolien des Hauts Moulins
 ● Parc éolien de la Plaine Dynamique
 ● Parc éolien de Moulin des Champs

▭ Zone de surplomb par les pales (45 m)

↔ Distance aux éoliennes riveraines intégrant le périmètre d'étude de dangers

Infrastructures routières :

— Voie communale
 - - - Chemin rural

Source: Scan25® ©IGN PARIS - Licence EPURON - Copie et reproduction interdite.
 Réalisation ATER Environnement Novembre 2015.

Carte 9 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers

3.3.3. Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public n'est présent sur le périmètre d'étude de dangers.

3.3.4. Patrimoine historique et culturel

Monument historique

Aucun monument historique ne se trouve à l'intérieur du périmètre de l'étude de dangers. Le plus proche se situe à 3,4 km au Nord-Ouest de l'éolienne E103, il s'agit d'un monument classé, l'église de la Chapelle-Lasson.

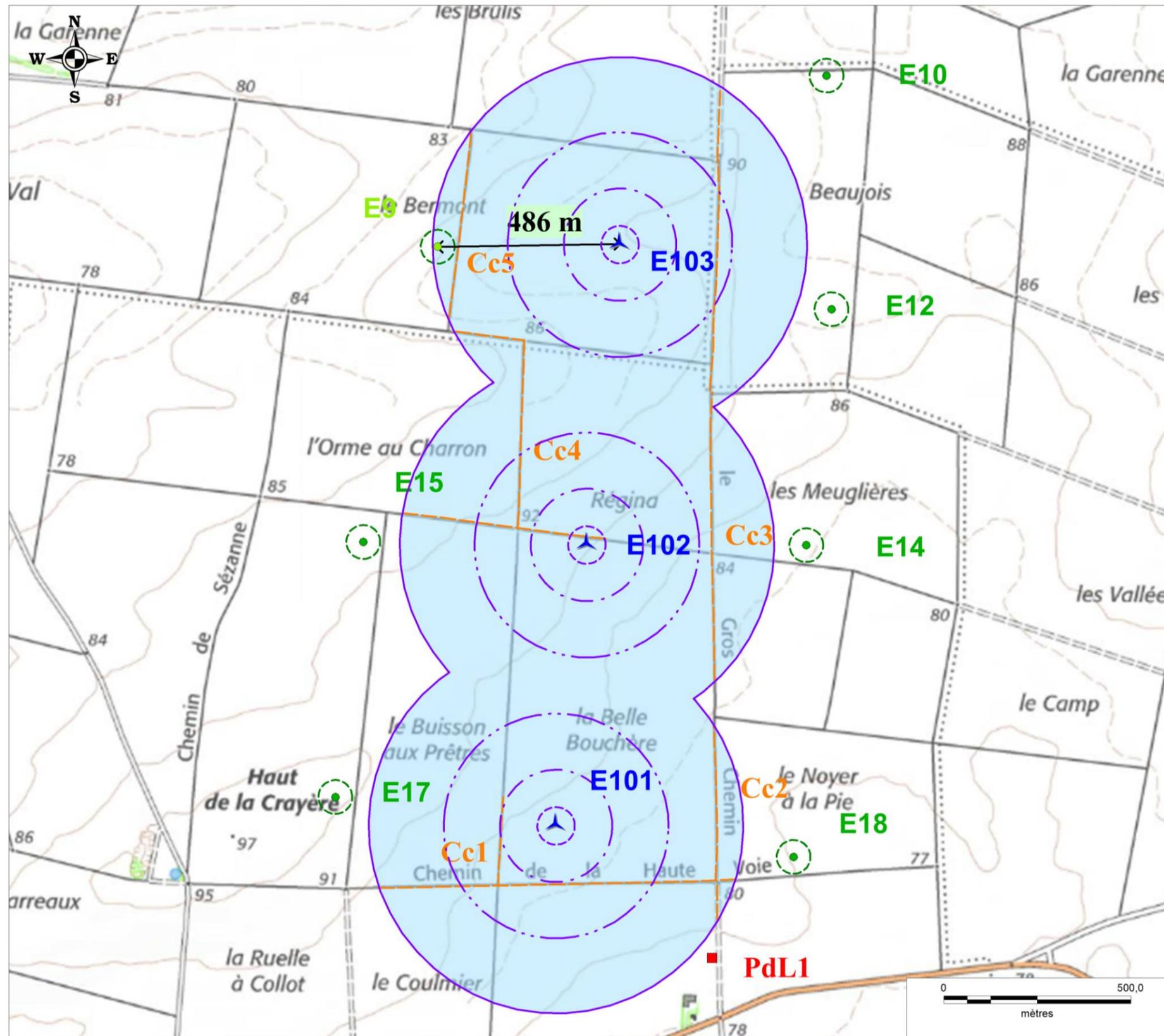
Archéologie

D'après un courrier de la DRAC du 02/09/2013, en l'état actuel de leurs connaissances et sans préjuger de découvertes futures sur l'emprise du projet, plusieurs sites archéologiques sont actuellement connus dans le périmètre du projet.

Conformément aux dispositions du Code du Patrimoine, notamment son livre V, le service Régional de l'Archéologie pourra être amené à prescrire, lors de l'instruction du dossier, une opération de diagnostic archéologique visant à détecter tout élément du patrimoine archéologique qui se trouverait dans l'emprise des travaux projetés.

Enjeux humains

Echelle : 1/10 000 ème



Légende :

- Périmètre de la zone d'étude de dangers (500 m)

Projet du parc éolien Les Bouchats 1 :

- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone de surplomb par les pales (50 m)

Parcs éoliens riverains :

- Parc éolien des Hauts Moulins
- Parc éolien de la Plaine Dynamique
- Parc éolien de Moulin des Champs
- Zone de surplomb par les pales (45 m)
- Distance aux éoliennes riveraines intégrant le périmètre d'étude de dangers

Infrastructures routières :

- Voie communale
- Chemin rural

Représentation des scénarios étudiés :

- Risque de chute de glace ou autre élément
- Risque d'effondrement
- Risque de projection de glace
- Risque de projection de pale

Personnes exposées :

- Moins d'une personne

Source: Scan25® ©IGN PARIS - Licence EPURON - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Novembre 2015.

Carte 10 : Enjeux humains sur l'aire d'étude de dangers

3.4. Cartographie de synthèse

En conclusion de ce chapitre, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans le périmètre d'étude de dangers (voir carte 10). Les différents périmètres d'étude, zone de surplomb, d'effondrement, de projection de glace ou de pale correspondent aux différents scénarii de risques développés dans le chapitre 8.

3.4.1. Définitions des périmètres d'étude

Selon les risques encourus, différents périmètres d'étude (ou zone d'effet) ont été identifiés :

- **Zone de surplomb** (0 – 50 m) : elle correspond à la zone de risque de la chute d'éléments provenant de la machine ou de la chute de glace, par action de la gravité ;
- **Zone d'effondrement** (ou zone de ruine de machine) : elle correspond à la zone où l'éolienne peut tomber au sol (0 – 150 m) ;
- **Zone de projection de glace** (0 – 300 m) : elle correspond à la zone où des morceaux de glace, généralement formés sur les pales, peuvent être projetés lors de la mise en route de la machine. Ce périmètre est défini selon la formule suivante : $1,5 \times (\text{hauteur au moyeu} + \text{diamètre du rotor})$.

L'éolienne ne dépassant pas une hauteur de 150 m, et selon le gabarit envisagé par les machines du projet, le rayon de projection de glace pourra être soit de 292,5 m soit de 300 m. Etant donné que l'on se place toujours dans le cas le plus défavorable, **le rayon du périmètre de projection de glace est défini comme étant de 300 m.**

Hauteur maximale de l'éolienne en bout de pale (m)	Hauteur maximale du moyeu (m)	Diamètre maximal du rotor (m)	Rayon du périmètre de projection de glace (m)
150	105	90	292,5
	100	100	300

Tableau 11 : Définition du rayon maximal du périmètre de la projection de glace

- **Zone de projection de pale** (0 – 500 m) : elle correspond à la zone où des morceaux de pale, dans le cas d'une fracture de cette dernière, peuvent être projetés. Cette zone a été définie par le SER/FEE/INERIS dans sa trame type (2012) comme étant limitée à 500 m du mât de la machine.

3.4.2. Les enjeux humains

Relatifs aux terrains non bâtis

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...), la formule suivante est utilisée : 1 personne par tranche de 100 ha.

Pour chaque éolienne, la superficie a été calculée à partir de la formule suivante : $Z_E = \pi \times R^2$.

Remarque : Z_E correspond à la zone d'effet du risque identifié (cf.8.2).

	Zone de surplomb	Zone de ruine	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre
Rayon (m)	50	150	300	500
Superficie (ha)	0,79	7,07	28,3	78,5
Nombre d'individus	0,008	0,07	0,28	0,78

Tableau 12 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés pour une éolienne

Relatifs aux infrastructures routières

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, les voies de circulation qui sont prises en considération sont celles empruntées par un nombre significatif de personnes (plus de 2 000 véhicules/jour) qui ne sont pas déjà comptées parmi les personnes exposées dans d'autres catégories d'installations.

Aucune route nationale et/ou départementale classée comme infrastructure routière structurante ne passe sur l'aire d'étude de dangers.

Relatifs aux chemins de randonnées

Pour les chemins de promenade, de randonnée, la circulaire du 10 mai 2010 nous indique de compter deux personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne. Or, malgré l'absence de données plus récentes, nous pouvons confirmer, de par la connaissance du site, que la fréquentation est plutôt en moyenne de l'ordre de 10 personnes par jour.

Ainsi, ces personnes sont incluses dans la catégorie « terrains non bâtis ».

Aucun chemin de randonnée n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

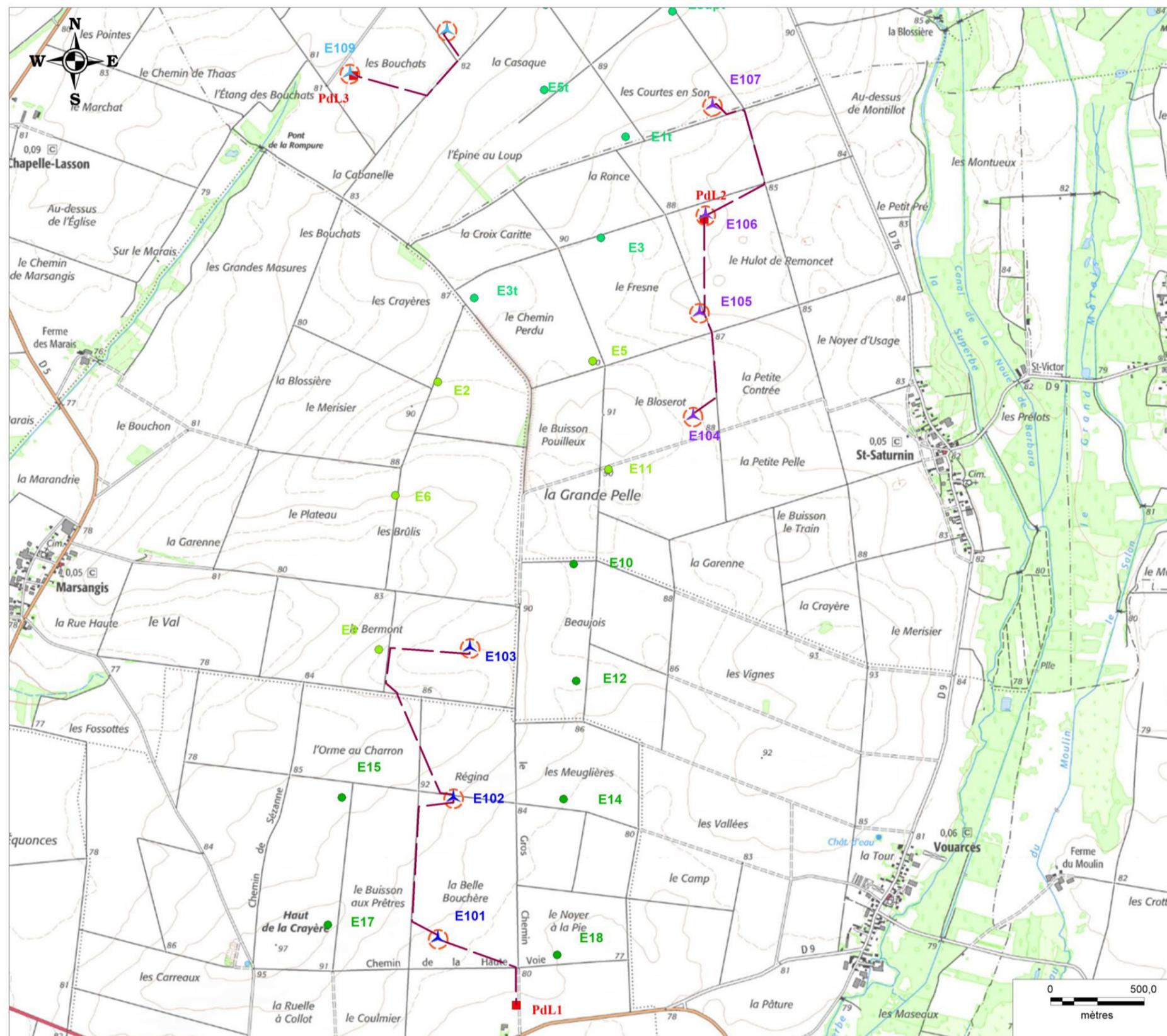
3.4.3. Enjeux matériels

Outre l'installation en elle-même, les principaux enjeux sont :

- Les infrastructures routières.

Présentation de l'installation

Echelle : 1/20 000 ème



Légende :

Projet du parc éolien Les Bouchats :

- Les Bouchats 1
- Les Bouchats 2
- Les Bouchats 3
- Poste de livraison
- Zone de surplomb par les pales (50 m)
- Raccordement électrique

Parcs éoliens riverains :

- Parc éolien des Hauts Moulins
- Parc éolien de la Plaine Dynamique
- Parc éolien de Moulin des Champs

Source. Scan25® ©IGN PARIS - Licence EPURON - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Novembre 2015.

Carte 11 : Plan détaillé de l'installation (source : EPURON, 2014)

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 (chapitre 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

4.1. Caractéristiques de l'installation

4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité fonctionnant à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.3.1) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage ». Les plans des éoliennes, des chemins d'accès aux éoliennes ainsi que leurs plateformes sont disponibles dans le volet technique pour la phase exploitation et dans le volet « annexes » de l'étude d'impact ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers une structure de livraison. Chaque structure est composée de deux postes de livraison électriques. Ce réseau est appelé « réseau inter-éolien ». Les tracés des câbles de liaison inter-éolienne sont décrits sur la carte 12 ;
- Une structure de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers d'un ou plusieurs postes sources locaux (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) ; ce réseau est décrit sur la carte 12 ;
- 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.

Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne pour le transport de l'énergie sur le 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 aérienne.

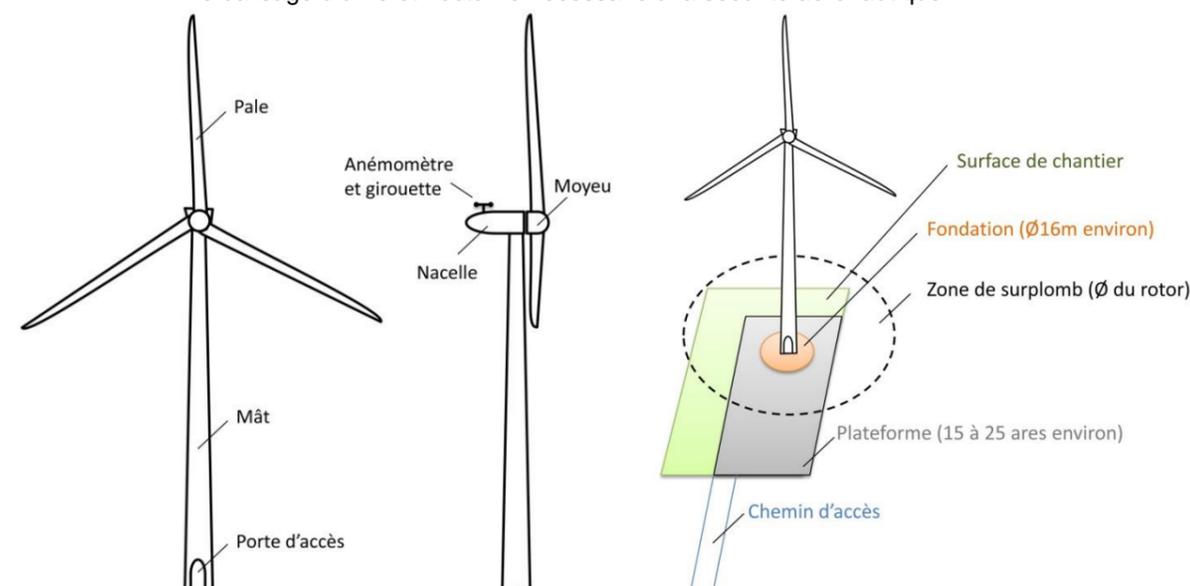


Figure 6 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale)

Emprise au sol

- Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation des parcs éoliens :
- La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes ;
- La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol ;
- La zone de survol 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 (en général entre 20 et 25 ares).

Autres installations

Certains parcs éoliens peuvent aussi être constitués d'aires d'accueil pour informer le public, de parkings d'accès, de parcours pédagogiques, etc.

4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien des Bouchats 1 est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de moyeu de 105 mètres maximum et un diamètre maximal de rotor de 100 mètres. La hauteur totale maximale de l'éolienne ne dépassant pas 150 mètres en bout de pale. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et de la structure de livraison dans le système de coordonnées NTF Lambert II étendu :

Eolienne	Coordonnées NTF Lambert II étendu		Altitude (NGF - m)	
	Longitude Est	Latitude Nord	Au sol	Bout de pale (max)
E101	712 825	2 400 119	80	230
E102	712 893	2 400 870	85	235
E103	712 966	2 401 673	85	235
PDL1	713 249	2 399 775	85	/

Tableau 13 : Coordonnées géographiques du parc éolien

Remarque : en annexe, page 70, les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et de la structure de livraison sont données dans le système de coordonnées WGS 84 en mètre et en degré, minute, seconde.

4.2. Fonctionnement de l'installation

4.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'**anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tours/minute maximum) 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 puissance électrique atteint effectivement 2,5 MW 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 690 à 950 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.

La description établie ci-dessous est une description générale correspondant à une gamme d'éolienne dont la puissance est comprise entre 2,0 et 2,6 MW. De légères variations de fonctionnement et de technologie peuvent exister entre les modèles fournis par les différents constructeurs et qui seront finalement installées.

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> En béton armé, de forme octogonale, <u>Dimension</u> : conforme à la norme IEC - design adapté en fonction de l'étude géotechnique et hydrogéologique réalisée avant la construction. En standard, 19,5 à 23 m de diamètre à leur base et se resserre entre 6 et 9 m de diamètre à son sommet <u>Profondeur</u> : en standard, 3 à 4 m.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	<ul style="list-style-type: none"> En acier Composé de 3 à 5 pièces ; Hauteur maximale de 103,05 m.
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	<ul style="list-style-type: none"> <u>Un arbre en rotation</u>, entraîné par les pales, <u>Le multiplicateur</u>, si présent, à engrenage cylindrique à 3 trains planétaires, a pour objectif d'augmenter la vitesse de rotation de l'arbre secondaire : 18.5 tours minute (coté rotor) - Tension nulle ; <u>La génératrice annulaire</u>, asynchrone à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 690 à 900 V.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<ul style="list-style-type: none"> 3 pales par machine, Longueur maximale : 49 m Poids : 12 t environ Constitué d'un seul bloc de plastique armé à fibre de verre (résine époxyde).
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	<ul style="list-style-type: none"> Tension de 20 kV à la sortie.
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	<ul style="list-style-type: none"> Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20kV et le comptage de l'électricité fournie.

Tableau 14 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012

4.2.2. Sécurité de l'installation

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité.

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. Un dispositif manuel permet d'ouvrir et de fermer le verrou de la porte depuis l'intérieur, même si la clé se trouve à l'extérieur de la porte.

Un détecteur avertit les personnels d'exploitation et de maintenance en cas d'ouverture d'une porte d'accès à une éolienne.

Balisage des éoliennes

Le balisage des éoliennes est défini par les arrêtés du 13 Novembre 2009 et du 7 Décembre 2010. Les éoliennes retenues 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.

Dans le cas d'une éolienne de hauteur totale supérieure à 150 m, le balisage par feux moyenne intensité est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installés sur le fût. Ils doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°). Un ou plusieurs niveaux intermédiaires sont requis en fonction de la hauteur totale de l'éolienne conformément au tableau suivant :

HAUTEUR TOTALE DE L'ÉOLIENNE	NOMBRE DE NIVEAUX	HAUTEURS D'INSTALLATION des feux basse intensité de type B
150 , h 200 m	1	45 m
200 , h 250 m	2	45 et 90 m
250 , h 300 m	3	45, 90 et 135 m
...
150 + (n - 1)*50 m , h 150 + n*50 m	n	Tous les 45 m jusqu'à n*45m

Tableau 15 : Niveaux intermédiaires requis en fonction de la hauteur de l'éolienne (source : arrêté du 13 novembre 2009).

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

L'alimentation électrique, desservant le balisage lumineux, est secourue par l'intermédiaire d'un dispositif automatique et commute dans un temps n'excédant pas 15 secondes. La source d'énergie assurant l'alimentation de secours des installations de balisage lumineux possède une autonomie au moins égale à 12 heures.

Le balisage est surveillé par l'exploitant et celui-ci signale dans les plus brefs délais toute défaillance ou interruption du balisage à l'autorité de l'aviation civile territorialement compétente.

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°).

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°)

Le passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit est assuré par un détecteur crépusculaire. Le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m², le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m² et 500 cd/m², et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m². Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m².

Protection contre le risque incendie

Système de détection et d'alarme

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un départ de feux dans une éolienne, via le système SCADA (Cf.5-4c Contrôle à distance). La détection se fait selon deux zones indépendantes, la base du mât et la nacelle. Le départ d'un feu entraîne l'arrêt d'urgence de l'éolienne, sa mise en sécurité, l'arrêt des ventilations et déclenche une alarme sonore et lumineuse dans l'éolienne.

L'exploitant est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant la détection de l'incendie. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

Système de lutte contre l'incendie

Les éoliennes retenues disposent de plusieurs extincteurs localisés dans la nacelle et le mât. Les extincteurs sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé.

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 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.

Les éoliennes retenues sont équipées du système de protection contre la foudre afin de minimiser les dommages sur les composants mécaniques, les systèmes électriques et les systèmes de contrôle. Le système de protection contre la foudre est basé sur des solutions de protection interne et externe.

Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne et pour conduire le courant de foudre à la terre au bas de l'éolienne.

La protection interne est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques.

Le système de protection contre la foudre a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme CEI 61400-24. Le Maître d'Ouvrage tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des éoliennes à la norme précitée.

Remarque : Selon l'Association d'assurance allemande (GDV) publication « BlitzRisikorientierter und Überspannungsschutz » et IEC 61400-24, le niveau de protection minimale recommandée pour une éolienne est seulement le niveau II.

Protection contre la survitesse

Chaque éolienne est dotée d'un dispositif de freinage pour diminuer les contraintes mécaniques qui s'exercent sur cette dernière lorsque le vent augmente. Ce dispositif arrête tout fonctionnement de l'éolienne en cas de tempête par exemple. Cela s'effectue par une rotation des pales limitant la prise au vent puis par des freins moteurs.

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

Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis 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.

Tout phénomène anormal est ainsi répertorié, tracé via le système SCADA du parc, et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'éolienne lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne en valeur moyennée sur 3s.

La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité.

Protection contre la glace

Durant les mois d'hiver et au début du printemps, du givre puis de la glace peuvent se former sur les pales et la nacelle des éoliennes entraînant un surpoids, un déséquilibre du rotor et des risques de projection de cette glace. La glace sur les pales de l'éolienne diminue sa puissance et augmente les efforts sur la machine (multiplicateur). Le balourd, créé, déséquilibre la rotation du rotor.

Un système de protection contre la glace est donc fourni le cas échéant avec les éoliennes pour prévenir de ces dangers.

Le système de protection se base sur trois méthodes redondantes :

- Comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température) ;
- Analyse de données de fonctionnement de l'éolienne, le dépôt de givre modifiant le profil aérodynamique de la pale et impactant par conséquent la production électrique de la machine ;
- Système de mesure des oscillations et des vibrations qui sont causées par le balourd provoqué par la formation de glace sur les pales qui peuvent, en cas extrême, déclencher un arrêt d'urgence (intégré dans la chaîne de sécurité de l'éolienne).

La détection de glace génère une alarme sur le système de surveillance à distance de l'éolienne (SCADA) et informe l'exploitant de l'événement. Celui-ci stoppe l'éolienne et ne peut la redémarrer que sur place après un contrôle visuel des pales et de la nacelle permettant d'évaluer l'importance de la formation de glace (redémarrage à distance impossible).

En cas de condition de gel prolongé, les éoliennes sont maintenues à l'arrêt jusqu'au retour de conditions météorologiques plus clémentes.

Protection contre le risque électrique

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

Les installations électriques extérieures à l'éolienne 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 aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

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.

Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.

Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs

L'éolienne est dotée d'un grand nombre de capteurs (capteurs de température, de pression, de contact, de mesure de vitesse, d'accélération, du retour d'information de chaque état du système ...) sur absolument chaque partie de l'éolienne.

Ainsi, si l'un d'eux est cassé, celui qui est juste après dans la chaîne détectera l'anomalie et signalera par le biais du système de supervision (SCADA) monitoré 24h sur 24 et 7 jours sur 7.

Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien des Bouchats est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de maintenance qui s'occupera du parc.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres.

Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

De plus, les éoliennes sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS.

Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

Dans le cas où le système SCADA est défectueux

Le réseau SCADA permet le contrôle à distance du fonctionnement des éoliennes. Ainsi, chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central qui a pour objectif principal :

- de regrouper les informations des SCADAS des éoliennes ;
- de transmettre à toutes les éoliennes une information identique, en même temps, plutôt que de passer par chaque éolienne à chaque fois.

Ainsi en cas de dysfonctionnement (survitesse, échauffement) ou d'incident (incendie), l'exploitant est immédiatement informé et peut réagir.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Le seul inconvénient est qu'il faut donner l'information à chacune des éoliennes du parc.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine.

Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

Dans le cas d'une rupture du réseau de fibres optiques

Le système de contrôle de commande des éoliennes est relié par fibre optique aux différents capteurs. En cas de rupture de la fibre optique entre deux éoliennes, la transmission peut s'effectuer directement en passant par le SCADA propre à l'éolienne ou par le SCADA central. Il s'agit d'un système en anneau qui permet de garantir une communication continue des éoliennes.

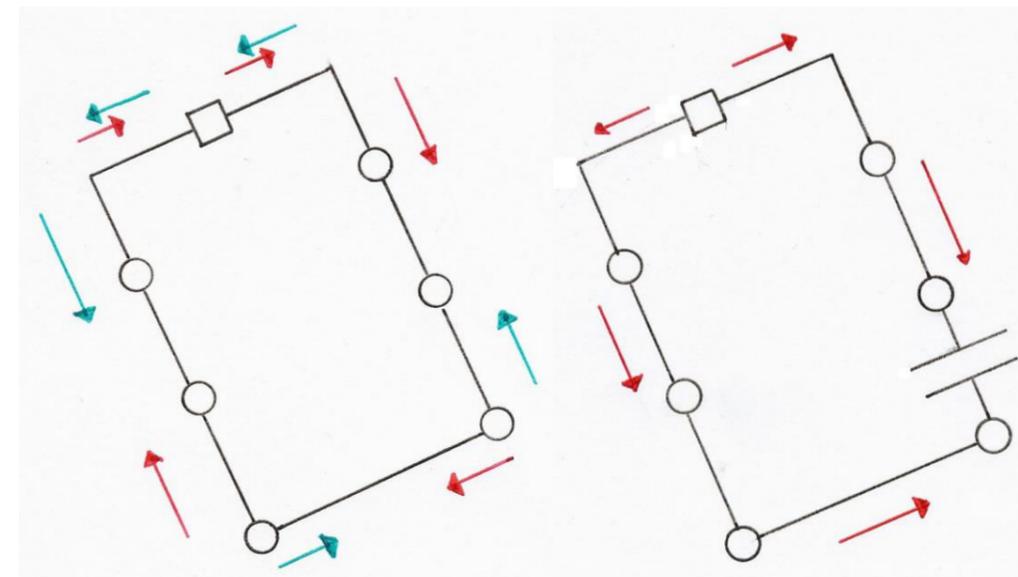


Figure 7 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –

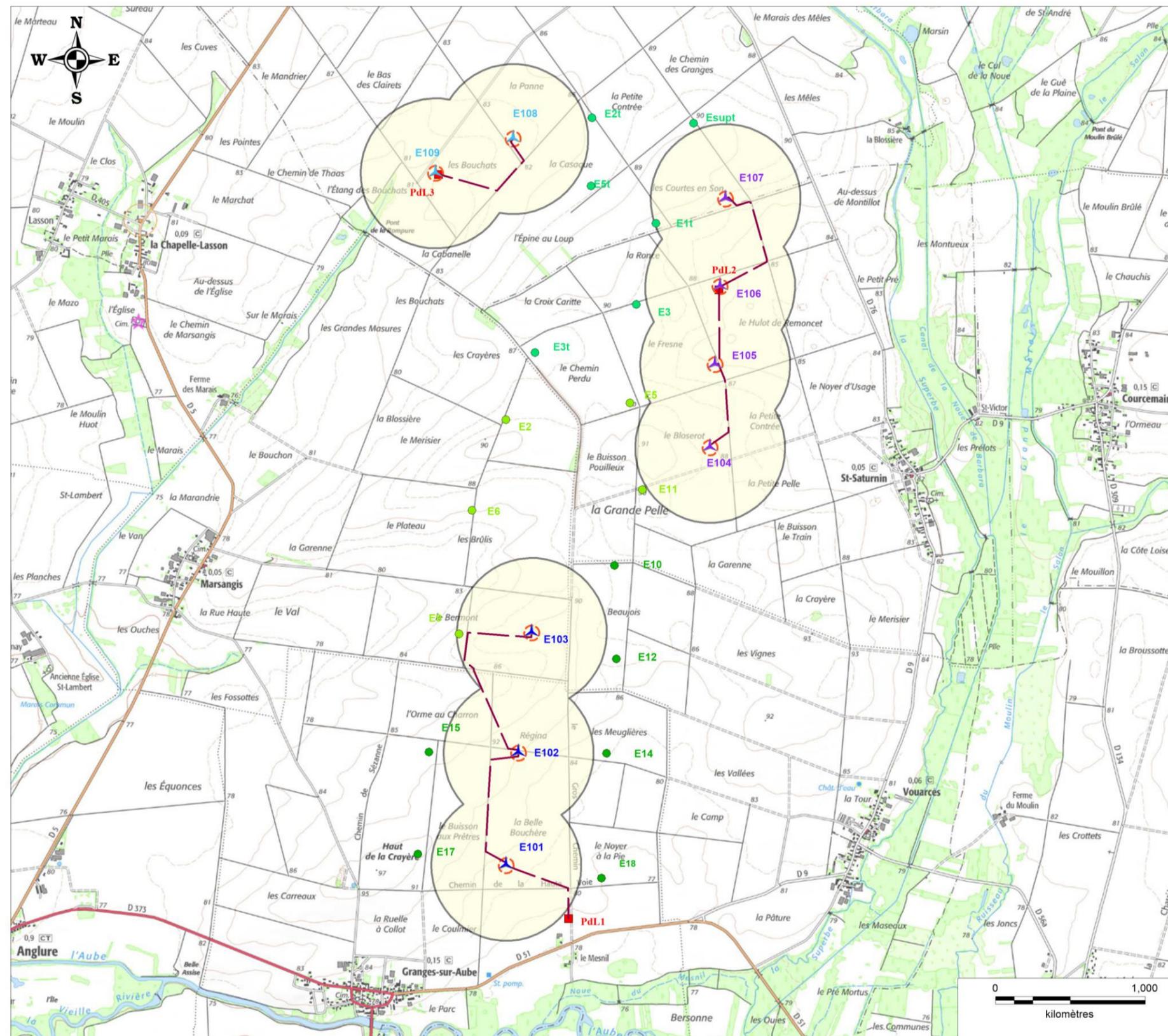
Légende : ○ Eolienne □ SCADA → Circulation de l'information

Certification des éoliennes

Les constructeurs de l'éolienne retenue s'engagent à respecter les principales normes et certifications applicables à l'installation mentionnées ci-dessous :

EN ISO 12100-1	Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 1: Basic terminology, methodology
EN ISO 12100-2	Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 2: Technical principles
EN 50308	Wind turbines - Protective measures - Requirements for design, operation and maintenance
IEC 61400-1	Wind turbine generator systems - Part 1: Safety requirements
EN ISO 14121-1	Safety of machinery - Risk assessment - Part 1: Principles
EN 61000-6-2	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments
EN 61000-6-4	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments
IEC 61400-21	Wind turbines - Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
IEC/TR 61400-24	Wind turbine generator systems - Part 24: Lightning protection
EN 50110-1	Operation of electrical installations
DIN VDE 0100 / IEC 60364	Low-voltage electrical installations
EN 60664-1	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles, requirements and tests
EN 60529	Degrees of protection provided by enclosures (IP code)
EN 60204-1	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements
EN 60204-11	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1000 V a.c. or 1500 V d.c and not exceeding 36 kV
EN 60947	Low-voltage switchgear and controlgear
EN 60439-1	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies
EN 60034	Rotating electrical machines
EN 60076	Power transformers
EN 61936	Power installations exceeding 1 kV a.c. Part 1: Common rules
EN 62271-200	High-voltage switchgear and controlgear - Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

Tableau 16 : Normes et certifications auxquelles répondent les machines retenues (source : EPURON, 2014)



Source: Scan25® ©IGN PARIS - Licence EPURON - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Novembre 2015.

Raccordement électrique inter-éolienne

Echelle : 1/25 000 ème

Légende :

- Périètre de la zone d'étude de dangers
- Projet du parc éolien Les Bouchats :
 - Les Bouchats 1
 - Les Bouchats 2
 - Les Bouchats 3
 - Poste de livraison
 - Zone de surplomb par les pales (50 m)
 - Raccordement électrique
- Parcs éoliens riverains :
 - Parc éolien des Hauts Moulins
 - Parc éolien de la Plaine Dynamique
 - Parc éolien de Moulin des Champs

Carte 12 : Réseaux électriques internes à l'installation

4.2.3. Opération de maintenance de l'installation

La maintenance de l'installation sera réalisée par le constructeur des éoliennes pour le compte de la société d'exploitation « Parc éolien des Bouchats ».

Personnel qualifié et formation continue

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

- Electriciquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des Equipement de Protection Individuelle (EPI), évacuation et sauvetage ;
- Sauveteur Secouriste du Travail.

Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur. Des contrôles des connaissances sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations.

Des points mensuels concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés.

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 « Parc Eolien des Bouchats » 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.

La société « Parc Eolien des Bouchats » procédera, trois mois après à la mise en service, 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. Puis un nouveau contrôle sera effectué un an après la mise en service industrielle, et après ces contrôles se feront suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, la société « Parc Eolien des Bouchats » procède également 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.

Curative

En cas de défaillance, les techniciens interviennent rapidement sur l'éolienne afin d'identifier l'origine de la défaillance et y palier.

4.2.4. 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 des Bouchats.

Relatifs aux flux, de l'huile et de la graisse circulent dans l'installation permettant le bon fonctionnement de l'éolienne. Le volume de renouvellement maximum d'huile est de 500 L par générateur tous les 5 ans.

4.2.5. Moyens de secours

Un affichage légal doit être accessible à l'ensemble du personnel. Il n'y a aucune exigence de dupliquer l'affichage dans chaque éolienne. Pour cela, l'affichage réglementaire doit être accessible à tout le personnel quelle que soit sa position (base de vie ou local technique du parc).

L'affichage apposé sur les tableaux prévus à cet effet est constitué entre autre par :

- Adresse de l'inspection du travail et nom de l'inspecteur ;
- Consignes en cas d'incendie ;
- Téléphones des services de secours et d'urgence ;
- Horaires de travail ;
- Liste et emplacements des secouristes ;
- Adresse du médecin du travail ;
- Plan d'évacuation.

De plus, sur ce parc éolien, on trouvera un affichage disposé à l'extérieure en pied d'éolienne :

- Le plan de secours, installé au pied de l'éolienne avec les coordonnées en cas d'accident ou d'incident ;
- La signalisation liée aux risques de chute de glace ;
- Une signalisation pour les risques d'électrocution sur la porte.

Parmi les affichages relatifs aux activités spécifiques, il sera inséré des panneaux de signalisation sur les zones identifiées tel que par exemple :

- Le port des Equipements de Protection Individuelle (EPI), l'interdiction de fumer ;
- Les mesures de sécurité relatives à certains matériels (port du harnais, points d'ancrage, utilisation du système d'évacuation) ;
- Identification des extincteurs.

Les coordonnées des moyens de sécurité privés ou publics auxquels il peut être fait appel en cas d'accident et dont la liste est rappelée ci-dessous, seront affichés en permanence sur site et dans les locaux, à proximité d'un poste de télécommunication.

▪ Pompiers	:	18 / 112
▪ Gendarmerie Nationale	:	17
▪ SAMU (Urgences médicales)	:	15
▪ CENTRE HOSPITALIER (Romilly-sur-Seine)	:	03 25 21 96 00
▪ DREAL / Unité territoriale 51	:	03 51 41 62 00
▪ Inspection du travail (UT DIRECCTE 51)	:	03 26 69 57 00

INTERDICTIONS



DANGERS



OBLIGATIONS DE CHAQUE INTERVENANT



Figure 8 : Illustration de la signalétique possible, employée sur un parc

4.3. Fonctionnement des réseaux de l'installation

4.3.1. Raccordement électrique

Sur la carte 12 p.30 est présenté le tracé des câbles de liaison inter-éoliennes et des câbles de liaison jusqu'au poste de livraison.

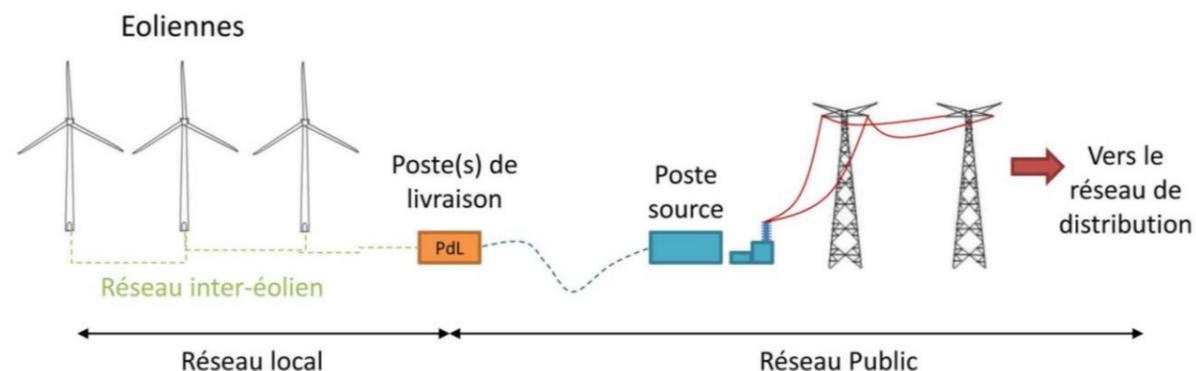


Figure 9 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Réseau inter-éolien (ou réseau local)

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. Le poste de livraison et les câbles y raccordant les éoliennes constituent le réseau interne de la centrale éolienne, soumis à approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (article L323-11 du Code de l'Energie).

Conformité des liaisons électriques

Conformément à l'article 6 II du décret n°2014-450 du 2 mai 2014 relatif à l'expérimentation d'une autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement, le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques. Les liaisons électriques seront donc de fait conformes avec la réglementation technique en vigueur.

Caractéristique du câble électrique

Ces réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et les postes de livraison seront enterrés sur toute leur longueur (2149 m pour le PdL 1) en longeant préférentiellement les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et les postes de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V. Les câbles, en aluminium, seront d'une section de 3x150 mm² et 3x240 mm² suivant le nombre d'éolienne raccordé sur ceux-ci.

Caractéristique des tranchées

Pour le raccordement inter-éolien, les caractéristiques des tranchées sont en moyenne d'une largeur de 45 cm et d'une profondeur de 1 m. Des illustrations de coupe type sont présentées ci-après. Les sols traversés sont de type crayeux.

Les impacts directs de la mise en place de ces réseaux enterrés sur le site sont négligeables : les tranchées sont faites au droit des chemins d'accès puis sous les voies existantes dans les lieux présentant peu d'intérêt écologique, et à une profondeur empêchant toute interaction avec les engins agricoles.

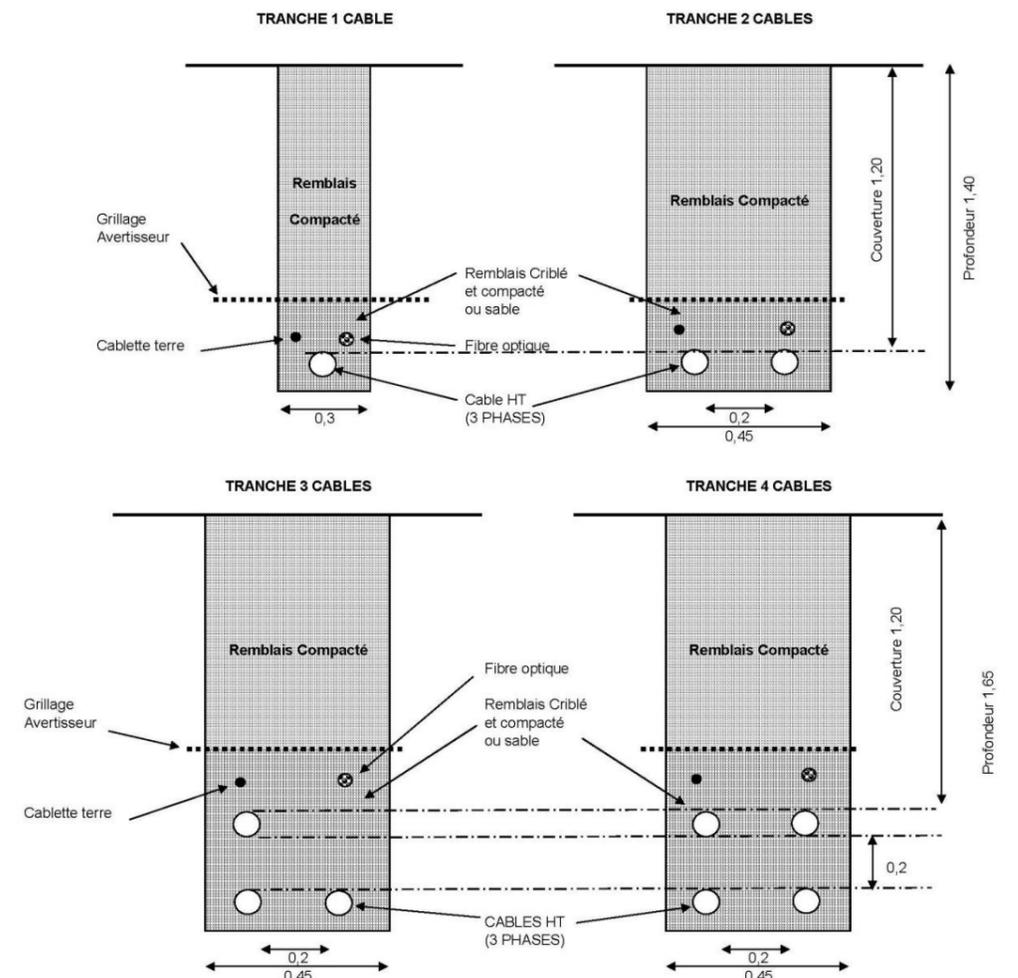


Figure 10 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés (source : ATER Environnement, 2014)

Les câbles seront enfouis en utilisant de préférence la technique de pose au soc vibrant. Aucun apport ou retrait de matériaux du site n'est nécessaire. Ouverture de tranchées, mise en place de câbles et fermeture des tranchées seront opérés en continu, à l'avancement, sans aucune rotation d'engins de chantier.

Représentation graphique

Une carte de situation au 1/25 000ème précise le tracé de principe des canalisations électriques projetés et les ouvrages électriques projetés (cf. chemise plans).

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. Pour le parc éolien des Bouchats 1, une structure de livraison est prévue. Cette structure est composée de deux postes de livraison dont les dimensions sont de 10 m de long par 3 m de large.

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



PARC EOLIEN DES BOUCHATS (51)

LES BOUCHATS 1

Réseaux : attestation de détention des autorisations de convention de passage

Je soussigné **Adrien APPERE**,

représentant du Maître d'ouvrage **PARC EOLIEN DES BOUCHATS Sarl**,

certifie que dans le cadre des démarches de raccordement électrique privé entre les éoliennes et le poste de livraison « LES BOUCHATS 1 », les autorisations de convention de passage ont été obtenues avec les propriétaires fonciers.

A Vincennes, le 22 juillet 2015

MEMOIRE DESCRIPTIF DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX

DESIGNATION :

REGION : Champagne-Ardenne
 DEPARTEMENT : MARNE (51)
 COMMUNES : Marsangis, Granges sur Aube

DESCRIPTION SOMMAIRE ET BUT DES TRAVAUX :

Pose d'un câble HTA 20 kV du Domaine Privé, entre le poste de livraison (à créer) et les trois éoliennes du Parc éolien des BOUCHATS 1
 Ce dossier concerne uniquement la pose des câbles HTA 20 kV
 Le poste de livraison et les éoliennes font l'objet d'une demande de Permis de Construire.

CONSISTANCE DES TRAVAUX

a) Lignes enterrées du parc éolien "Les BOUCHATS 1"

Domaines de tension	Nature de l'ouvrage	A construire	Domaine public	Domaine privé
HTA	Souterrain (km)	3,075	0,926	2,149
	Aérien			
	TOTAL (km)	3,075	0,926	2,149

c) Poste à construire :

- Poste : Poste de Livraison de 10 m
 - Puissance : PRODUCTEUR 7,8 MW (3 * 2,6 MW)
 - Désignation : POSTE DE LIVRAISON DU PARC EOLIEN DES BOUCHATS 1

d) Règlementation technique :

Les ouvrages seront conformes aux prescriptions réglementaires notamment celles édictées par l'ARRETE INTERMINISTERIEL du 17 Mai 2001 et par les normes en vigueur fixant les dispositions techniques des réseaux de distribution d'énergie électrique.

d) Plannification des travaux

- Période: Ete 2017
 - Durée: 1 mois

e) Renseignements complémentaires

- Nature et section des conducteurs : câbles souterrains tréfilés : 3*95 mm², 3*150 mm² et 3*240 mm² (âme en aluminium)

f) Environnement:

- Le projet prévoit l'enfouissement de lignes électriques dans une zone d'exploitation agricole
 - Le projet des BOUCHATS 1 s'inscrit dans la continuité des parcs éoliens existants de Hauts Moulins, Plaine Dynamique et Moulins des Champs. L'enfouissement du réseau HTA est projeté au travers de parcelles privées, ou en accotement de chemins d'exploitation agricoles, où il longera ou croisera par endroit les réseaux 20 kV enterrés inter-éoliennes des parcs existants. Ceux-ci feront l'objet d'un repérage précis avant travaux, de façon à ce que l'implantation projetée respecte les distances réglementaires entre les réseaux, et à éviter tout dommage aux ouvrages existants. Toutes les mesures de sécurité seront prises préalablement à l'ouverture de la tranchée, notamment la mise hors tension du câble HTA existant (arrêt de production du parc éolien, ou isolement du tronçon impacté).
 - Autre réseau existant : ligne aérienne 20kV traversant d'Est en Ouest le sud du site

g) Décomposition du réseau HTA

Début	Fin	Domaine privé	Domaine public
PDL 1	A	196	-
A	B	-	7
B	E101	445	-
E101	C	181	-
C	D	-	620
D	E102	207	-
E102	E	16	-
E	F	-	81
F	G	262	-
G	H	-	19
H	I	298	-
I	J	-	8
J	K	84	-
K	L	-	191
L	E103	460	-
Total Les Bouchats 1 :		2149	926

Figure 11 : Attestation de détention des autorisations de convention de passage (source : EPURON, 2015)

Figure 12 : Mémoire descriptif de l'ensemble des travaux (source : EPURON, 2015)

Démarches préalables réalisées

Le pétitionnaire atteste bénéficier des autorisations des propriétaires des terrains traversés par les câblages sous la forme de conventions de tréfonds avec droits d'accès, et avoir consulté les communes concernées pour les passages de câbles sous les voies communales.

Réseau électrique externe (ou réseau public)

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.

Dans le cas du parc éolien des Bouchats 1, les postes source du réseau électrique public sur lesquels le raccordement du parc éolien paraît actuellement le plus probable est celui de Mery-sur-Seine.

4.3.2. Autres réseaux

Le parc éolien des Bouchats 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.

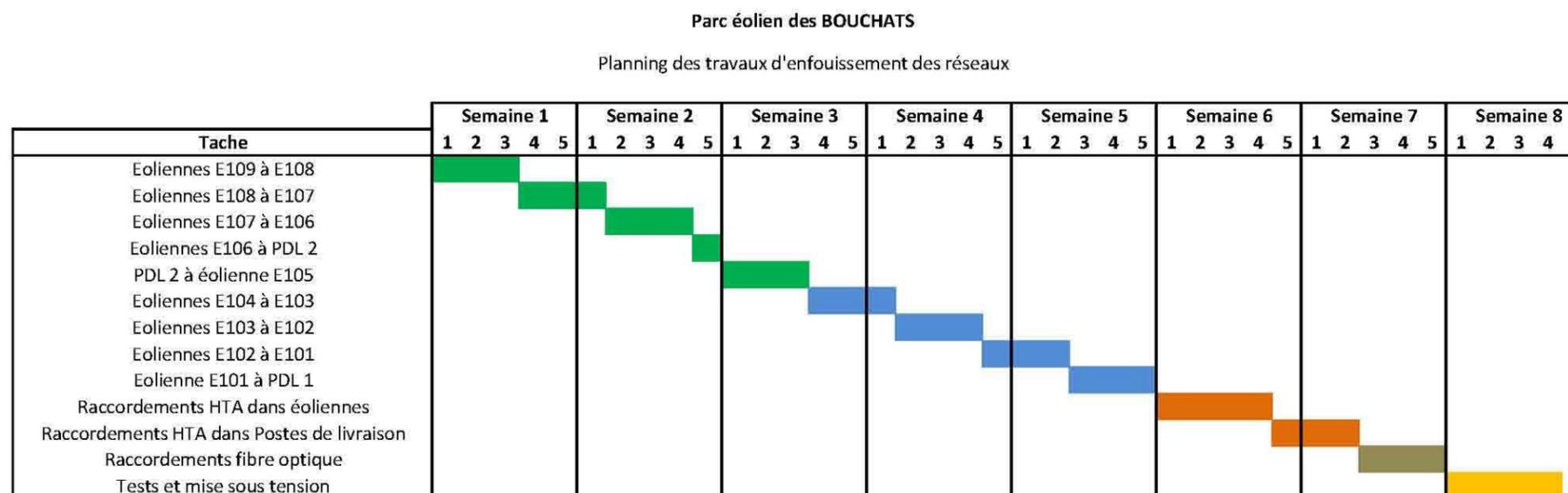
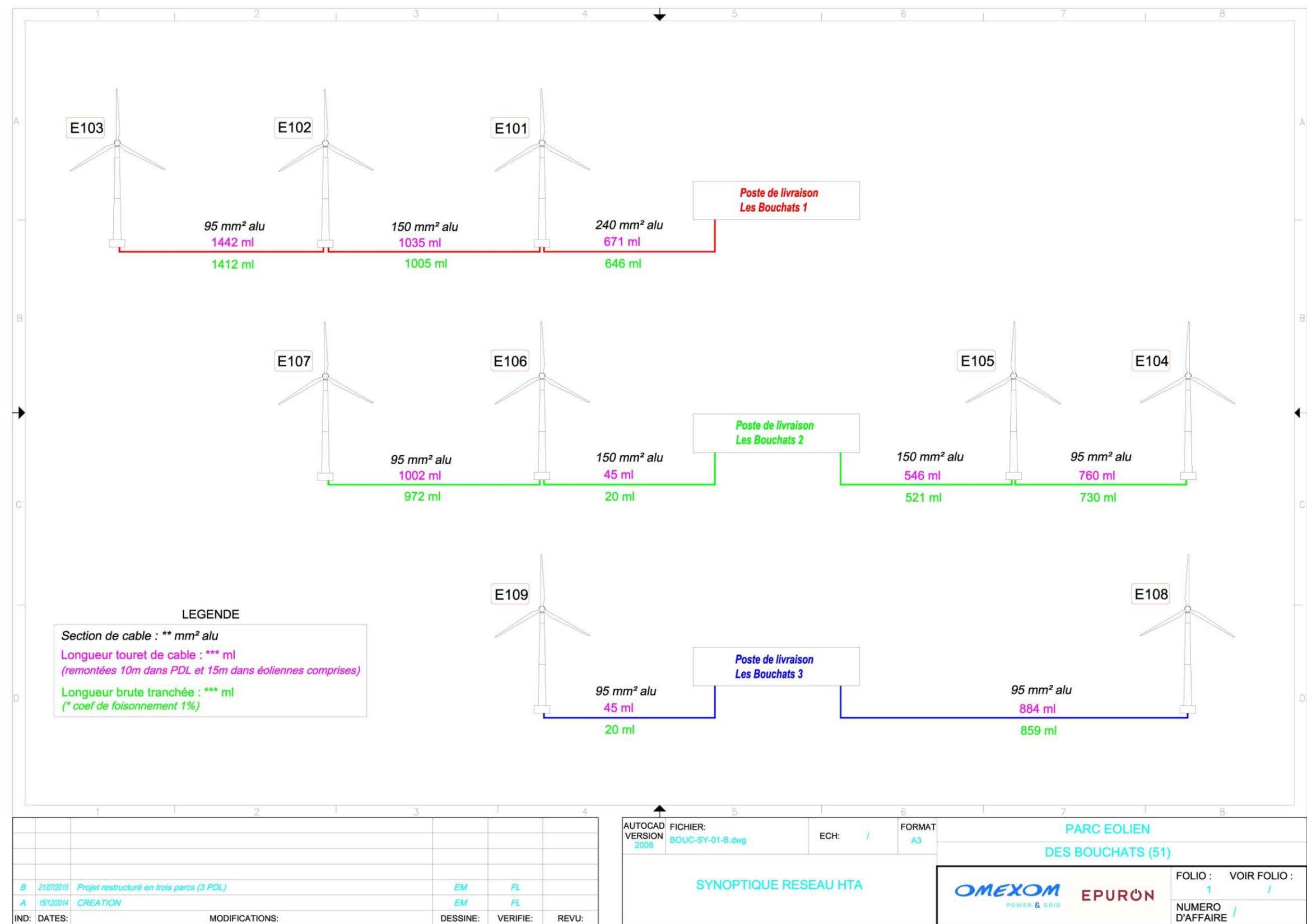
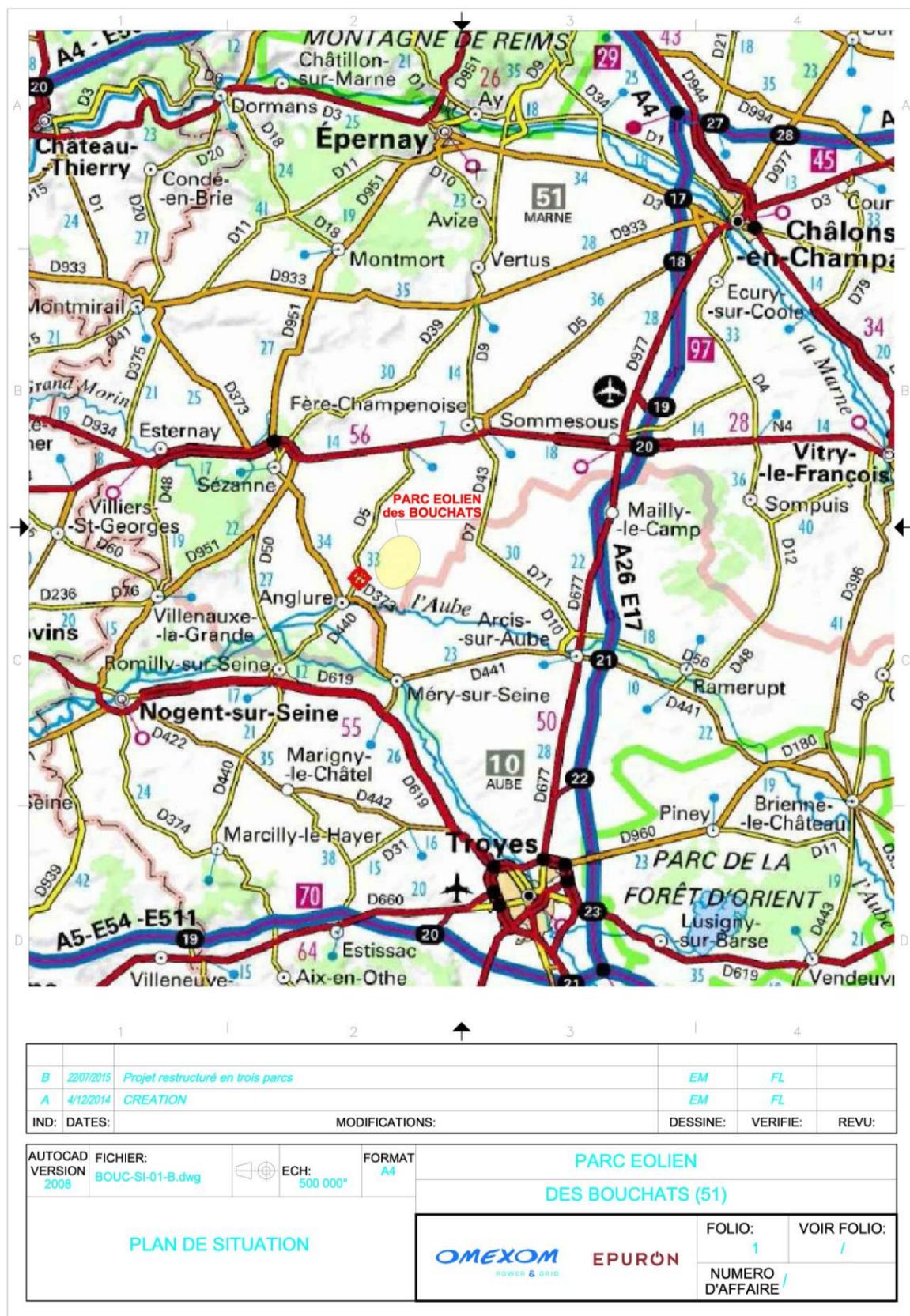


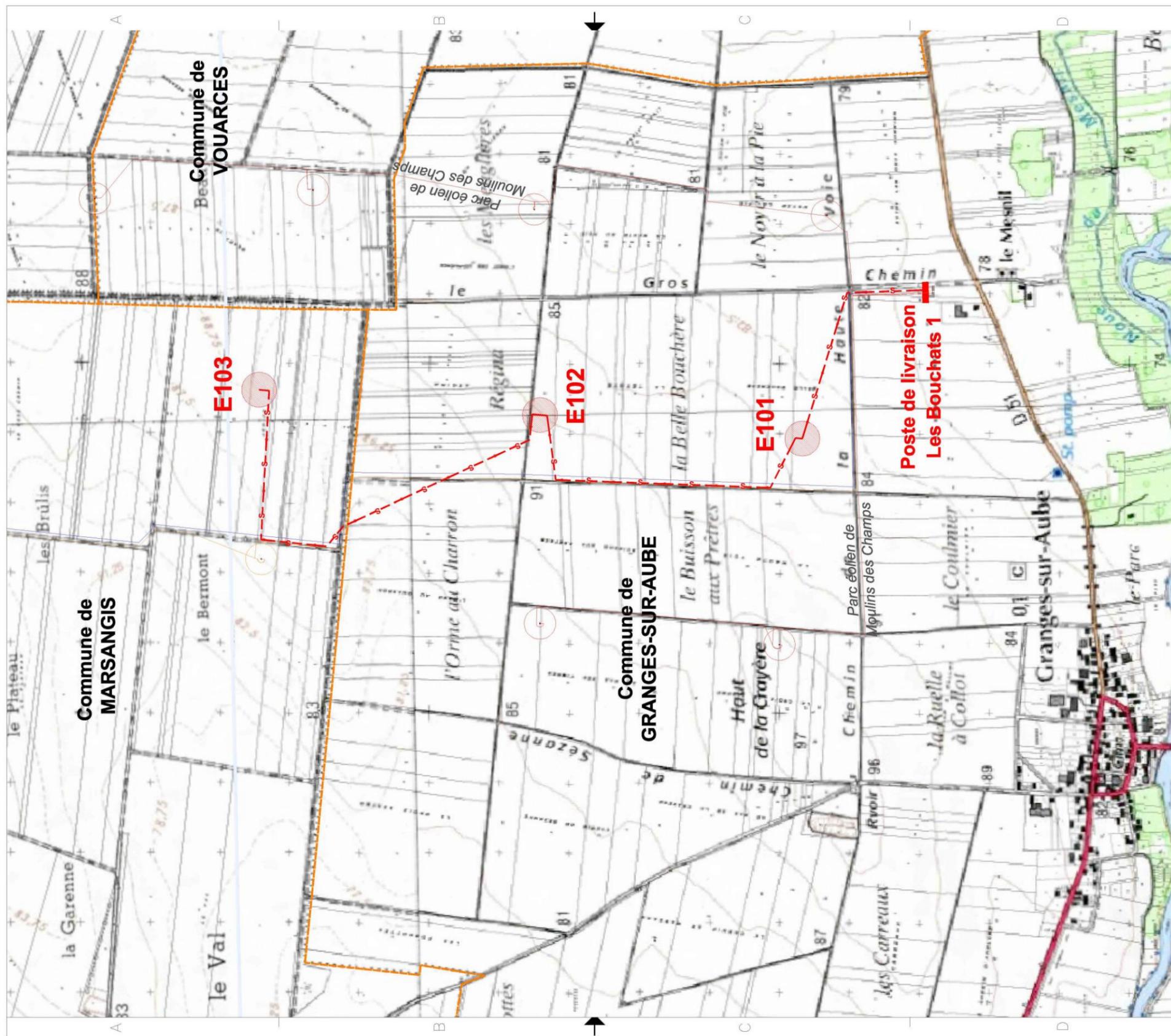
Figure 13 : Planning des travaux d'enfouissement des réseaux (source : EPURON, 2015)



Carte 13 : Synoptique du réseau HTA (source : EPURON, 2015)



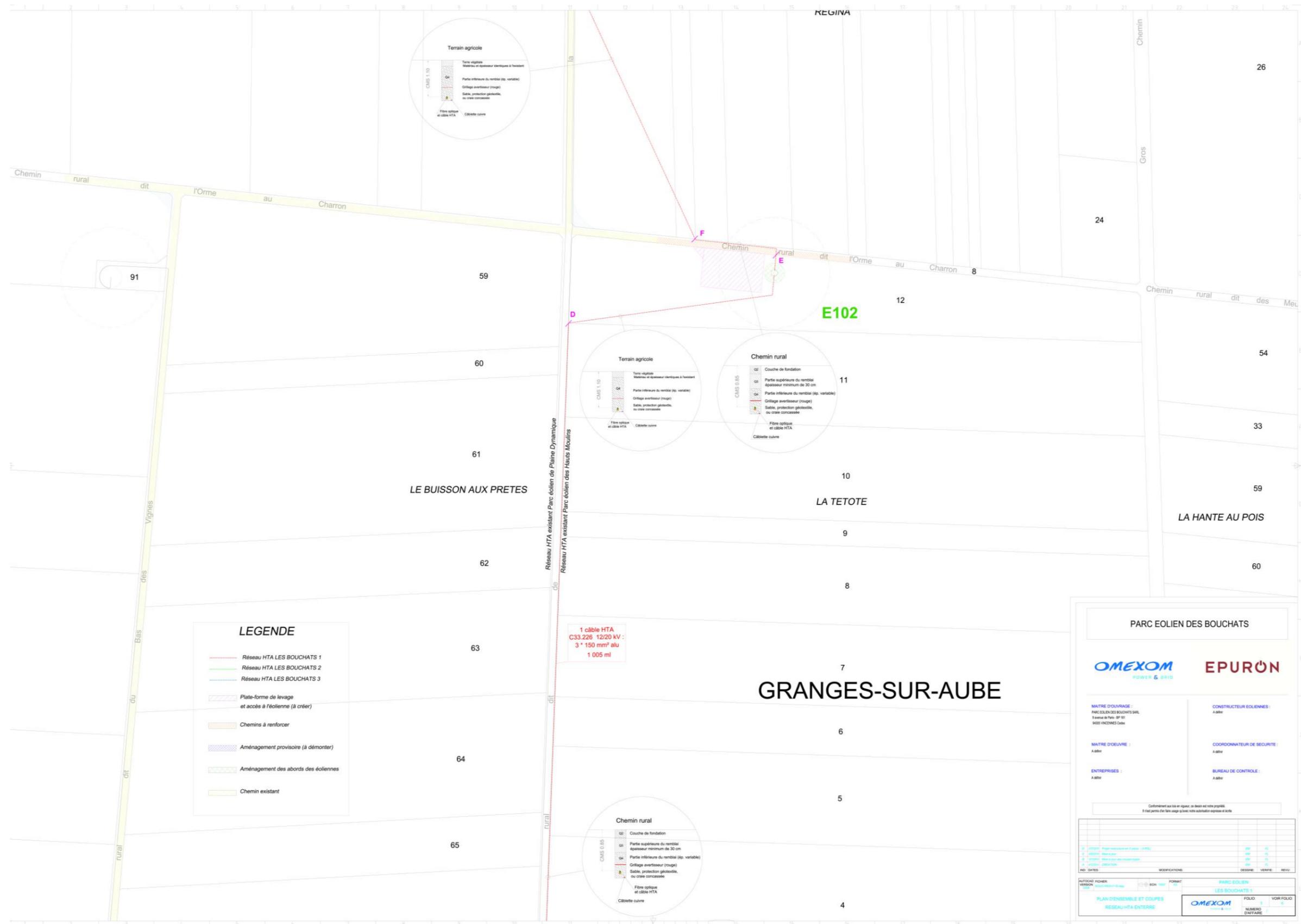
Carte 14 : Plan de situation 1/500 000° (source : EPURON, 2015)



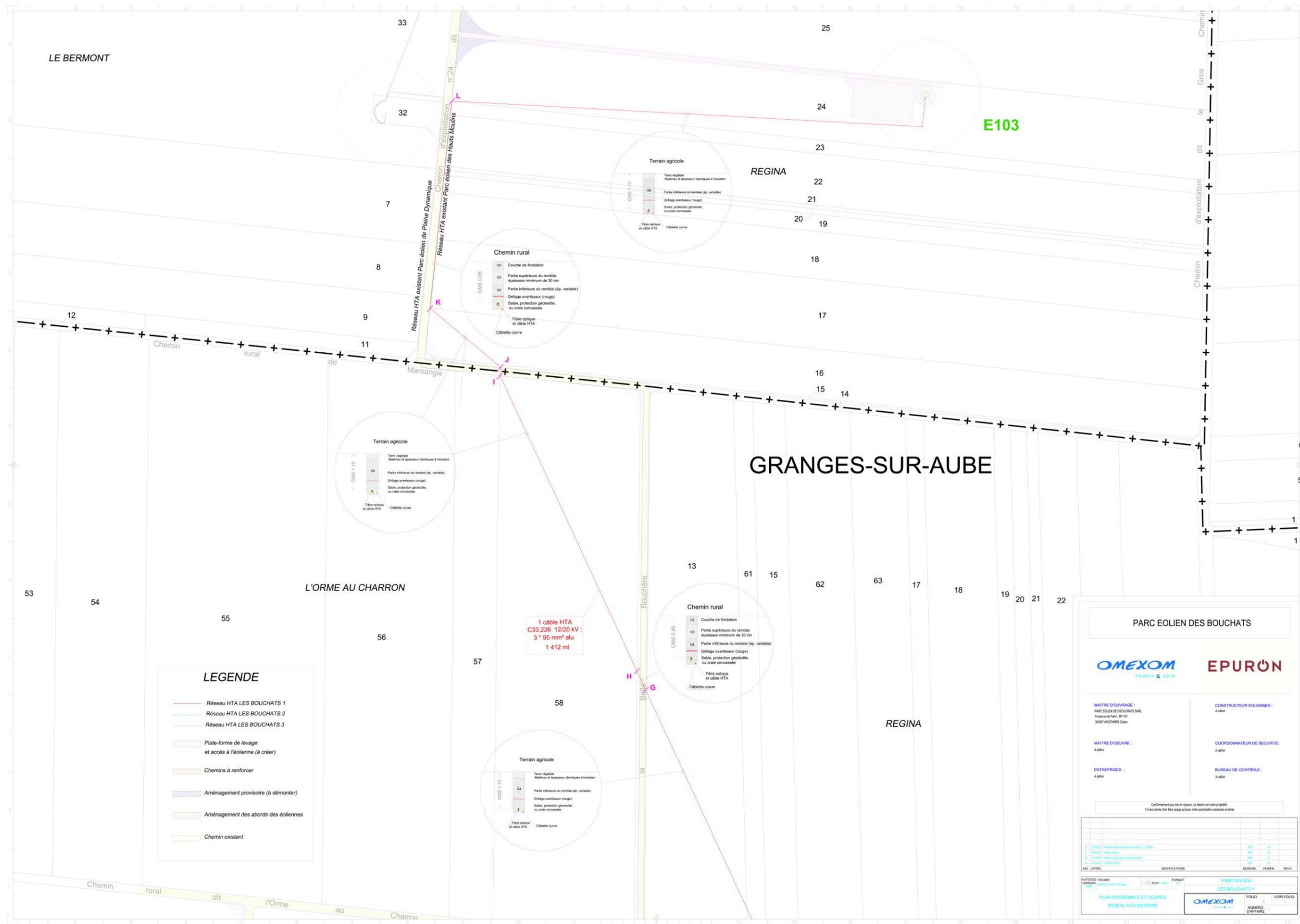
D	22/07/2015	Projet restructuré en trois parcs	EM	FL	REU:
B	16/12/2014	Mise à jour	EM	FL	VERIFIE:
A	4/12/2014	CREATION	EM	FL	DESSINE:
IND:	DATES:	MODIFICATIONS:	DESSINE:	VERIFIE:	REU:

AUTOCAD VERSION 2008	FICHER: BOUC-SI-02-D.dwg	FORMAT A4	PARC EOLIEN	
ECH: 15 000°	LES BOUCHATS 1			
		FOLIO: 1	VOIR FOLIO: 2	
		NUMERO D'AFFAIRE /		
<h2>PLAN D'IMPLANTATION</h2>				

Carte 15 : Plan d'implantation 1/15 000° (source : EPURON, 2015)



Carte 17 : Plan d'ensemble et coupes - Réseau HTA enterré 2/3 (source : EPURON, 2015)



Carte 18 : Plan d'ensemble et coupes - Réseau HTA enterré 3/3 (source : EPURON, 2015)

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 des Bouchats 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, nettoyants...

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

⇒ 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 les postes de livraison du parc éolien des Bouchats 1.

Code	Désignation	Contenu	Quantités émises	Stockage avant enlèvement	BSD	Opération de traitement
13 02 06	Huiles usagées	Huiles issues des vidanges lors des opérations de maintenance et de dépannage	500 L / tous les 5 ans / éolienne	Cuve fermée sur rétention	Oui	Régénération
15 01 01	Cartons	Contenants des produits utilisés lors des maintenances	-	Container fermé	Non	Recyclage
15 01 02	Emballages plastiques	Contenants des produits utilisés lors des maintenances	-	Container fermé	Non	Recyclage
15 02 02	Matériaux souillés	Chiffons, contenants souillés par de la graisse, de l'huile, de la peinture ...	250 kg / maintenance	Bacs fermés sur rétention	Oui	Valorisation énergétique
16 01 07	Filtres à huile ou carburant	Filtres remplacés lors des opérations de maintenance et de dépannage	60 kg / maintenance	Fûts fermés sur rétention	Oui	Recyclage
16 05 04	Aérosols	Aérosols usagés de peinture, graisse, solvants ... utilisés lors des maintenances et dépannages	10 kg / maintenance	Fûts fermés sur rétention	Oui	Traitement
16 06 01	Batteries au plomb et acide	Batteries des équipements électriques et électroniques remplacées lors des maintenances et dépannages	-	Bacs sur rétention	Oui	Recyclage
17 04 11	Câbles alu	Câbles électriques remplacés lors des maintenances	-	Bacs	Non	Recyclage
20 01 35	DEEE	Disjoncteurs, relais, condensateurs, sondes, prises de courant ...	60 kg / maintenance	Bacs	Oui	Recyclage
20 01 40	Ferraille	Visserie, ferrailles diverses ...	-	Bacs	Non	Recyclage
20 03 01	DIB	Equipements de Protection Individuelle usagés, déchets divers (alimentaires, poussières ...)	-	Container fermé	Non	Valorisation énergétique

BSD / Bordereau de Suivi des Déchets - DEEE / Déchets d'Équipement Électrique et Électronique - DIB / Déchets Industriels Banals

Tableau 17 : Produits sortants de l'installation (source : EPURON – 2015)

L'ensemble des substances et produits utilisés répondent aux exigences de la Directive Européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques).

Des Equipements de Protection Individuels appropriés sont mis à disposition par l'employeur afin de protéger les opérateurs contre les risques chimiques générés par l'utilisation de certains produits.

Les dangers représentés par l'utilisation de certains produits ainsi que les mesures de prévention associées sont détaillées dans des instructions à usage interne ainsi que dans les plans de prévention des risques qui sont présents en machine et dont les opérateurs prennent connaissance avant toute intervention. La liste des substances et produits utilisés lors des maintenances est disponible sur demande. De plus, un tableau regroupant l'ensemble des produits ainsi que les dangers leur étant associés est disponible sur demande (voir tableau 17 exemple ci-dessus).

Des détails plus précis sur ces produits seront apportés au moment de la mise en service de l'installation.

5.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Bouchats 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

Tableau 18 : 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

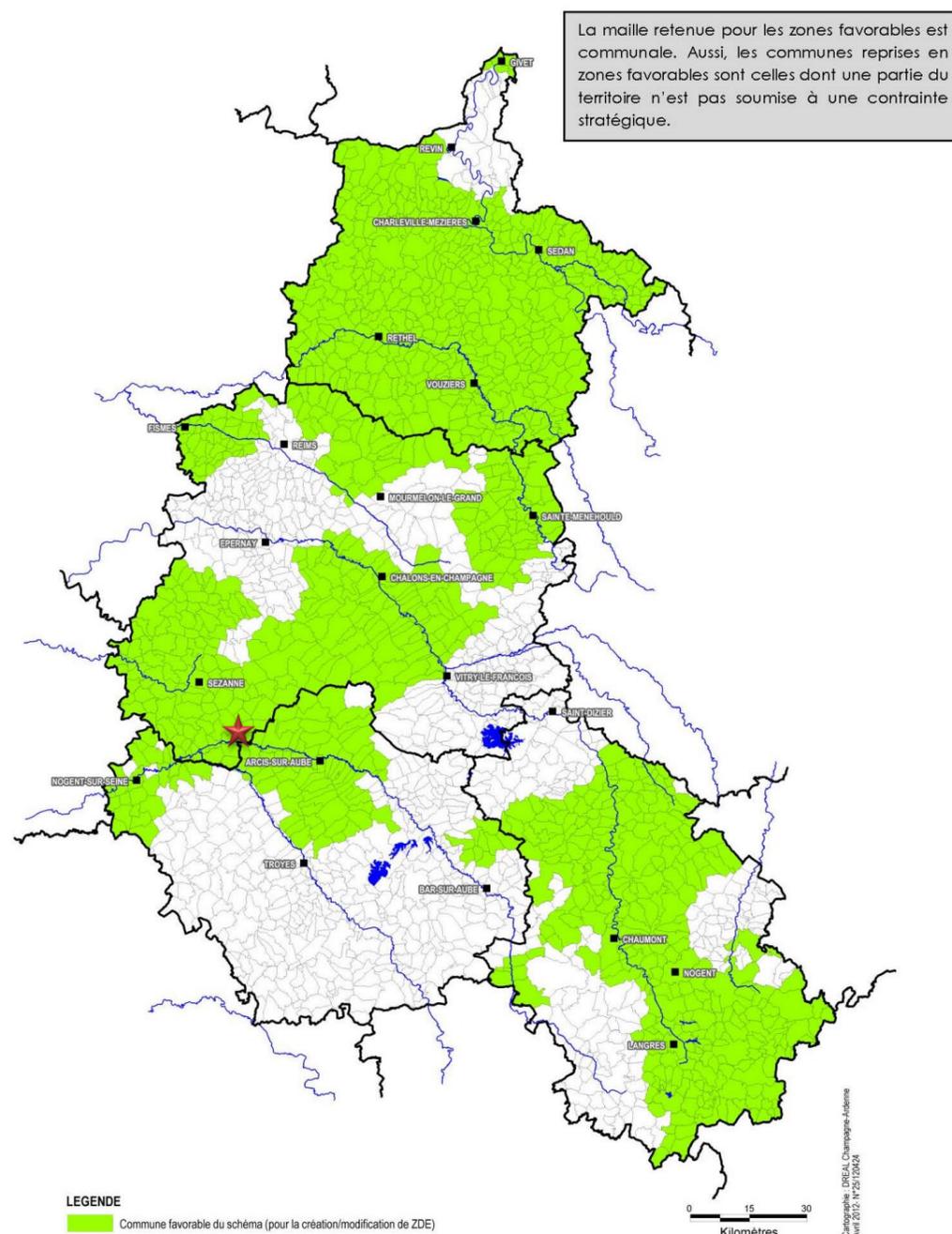
Cette partie explique les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

Intégration dans le Schéma Régional Eolien (2012)

Le volet éolien du Plan Climat Air Energie Régional (PCAER) de la Champagne-Ardenne a été arrêté en date du 29 juin 2012. L'un des volets de ce schéma très général est constitué par un Schéma Régional Eolien (SRE), qui détermine quelles sont les zones favorables à l'accueil des parcs et quelles puissances pourront y être installées en vue de remplir l'objectif régional d'ici à 2020.

L'objectif de ce Schéma Régional Eolien est d'améliorer la planification territoriale du développement de l'énergie éolienne et de favoriser la construction des parcs éoliens dans des zones préalablement identifiées. La finalité de ce document est d'**éviter** le mitage du paysage, de **maîtriser** la densification éolienne sur le territoire, de **préserver** les paysages les plus sensibles à l'éolien, et de rechercher une **mise en cohérence** des différents projets éoliens. Pour cela, le Schéma Régional s'est appuyé sur des démarches existantes (Schémas Paysagers Eoliens départementaux, Atlas de Paysages, Chartes,...). Les données patrimoniales et techniques ont ensuite été agrégées, puis les contraintes ont été hiérarchisées. Il en est alors ressorti une **cartographie** des zones favorables à l'éolien.

⇒ Le site envisagé pour l'implantation des éoliennes se situe sur les communes de Granges-sur-Aube, Marsangis, territoires intégrés à la liste des communes constituant les délimitations territoriales du SRCAE.



Carte 19 : Délimitation territoriale du Schéma Régional Eolien (source : SRE du SRCAE, 2012) / Légende : Etoile rouge – Localisation du site)

Etude itérative de limitation des impacts

Dans la limite du périmètre de la zone d'implantation (polygone au-delà de 500 m des premières habitations et intégrant d'autres contraintes techniques telles que les distances minimales aux routes, aux protections des servitudes existantes etc.), un travail important d'itérations conduisant au choix de l'implantation a été engagé, faisant intervenir plusieurs spécialistes (ingénieur éolien, écologue et paysagiste, principalement).

Afin de permettre une implantation harmonieuse du parc, le projet a tenu compte de l'ensemble des sensibilités du site : paysagères, patrimoniales, humaines, biologiques, et enfin techniques, afin de réduire systématiquement les impacts sur les éléments les plus sensibles.

Ce travail itératif doit également tenir compte du foncier, des pratiques agricoles/forestières, du ressenti et de l'acceptation locale (propriétaires, exploitants, riverains). Pour le foncier par exemple, bien que des promesses de bail soient signées en amont du projet, le choix de l'implantation se fait en concertation avec les propriétaires et exploitants des terrains. En cas d'opposition de ceux-ci, ce dernier paramètre devient, bien sûr, une contrainte majeure. Toute solution retenue résulte alors d'un compromis et cette question doit être prise en compte pour définir des variantes réalistes.

La phase développement : des expertises environnementales ont été lancées janvier 2013 pour cibler les enjeux environnementaux et paysagers. Ces études se sont poursuivies avec la réalisation de l'étude d'impact. Les conclusions de ces études ont permis d'orienter les choix d'implantation et de définir le projet de moindre impact. Le chapitre 4 de l'Etude d'Impact résume l'ensemble de cette démarche itérative qui a abouti au projet de parc éolien des Bouchats.

Trois variantes ont été étudiées. La variante 1, implantée en trois lignes parallèles, de 21 éoliennes, n'a pas été retenue en raison de contraintes ornithologiques ainsi que de la création d'un ensemble confus et chargé d'un point de vue paysager. En ce qui concerne, la variante 2, comportant 12 éoliennes réparties en trois groupes, des contraintes ornithologiques et paysagères (confusions visuelles et impacts supplémentaires) ont été identifiées.

La variante 3, **comportant 9 éoliennes** réparties en trois groupes, a été préférée aux deux autres variantes en raison de contraintes écologiques moindres ainsi que du respect de la saturation visuelle préservant les villages aux alentours et de la cohérence avec les parcs éoliens existants.

5.3.2. Utilisation des meilleurs 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.

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.

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, littératures 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 8 pour l'étude détaillée des risques.

6.1. Inventaire des accidents et incidents en France

6.1.1. Base de données

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

6.1.2. Bilan accidentologie matériel

Un total de 47 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2014 (cf. tableau n°19). 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 ci-après montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, ...) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. Dans ce graphique sont présentés :

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

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 dont la cause principale tient aux tempêtes.

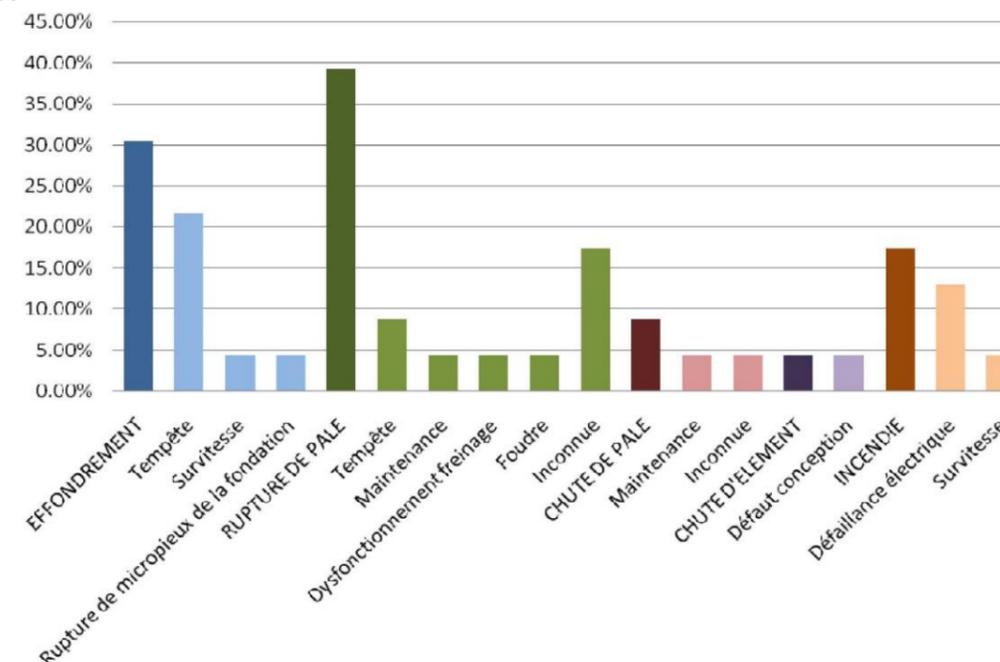


Figure 14: Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2010 (source : SER/FEE/INERIS, 2011)

Date	Localisation	Incident
2000	Port la Nouvelle (Aude)	Le mât d'une machine de la ferme éolienne s'est plié lors d'une tempête, suite à la perte d'une pale.
2001	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale dont la cause n'est pas connue.
01/02/2002	Wormhout (Nord)	Bris de pale et mât plié à la suite d'une tempête.
25/02/2002	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale sur une éolienne bipale, lors d'une tempête.
01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean (Aude)	Electrocution et brûlures d'un opérateur par contact avec une partie sous haute tension d'un transformateur.
28/12/2002	Nevian (Aude)	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage lors d'une tempête.
05/11/2003	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pales sur 3 éoliennes lié à un dysfonctionnement du système de freinage.
2004	Escales-Conilhac (Aude)	Bris de trois pales.
02/01/2004	Le Portel - Boulogne-sur-mer (Pas de Calais)	Cassure du mât d'une éolienne et chute de plusieurs pales - Défaut de serrage des boulons servant à relier deux tronçons du mât (défaillance d'entretien).
20/03/2004	Loon Plage - port de Dunkerque	Une éolienne est abattue par le vent : le mât et une partie de sa fondation a été arrachée. Cause non identifiée.
22/06/2004	Pleyber-Christ (Finistère)	Premier incident : une pale se brise par vent fort.
08/07/2004	Pleyber-Christ (Finistère)	Deuxième incident : une autre pale se brise par vent fort .
2005	Wormhout (Nord)	Bris de pale.
22/12/2005	Montjoyer-Rochefort (Drôme)	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne en raison de vents forts et d'un dysfonctionnement du système de freinage.
07/10/2006	Pleyber-Christ (Finistère)	Troisième incident : une éolienne perd une pale.
18/11/2006	Roquetaillade (Aude)	Incendie de deux éoliennes – Acte de malveillance.
03/12/2006	Bondues (Nord)	Effondrement d'une éolienne en zone industrielle, relatif à une tempête.
31/12/2006	Ally (Haute-Loire)	Chute de pale lors de la maintenance visant à remplacer les rotors.
02/03/2007	Clitours (Manche)	Bris de pale de 4 m de long, projeté à plus de 200 mètres.
11/10/2007	Plouvien (Finistère)	Chute d'un élément de la nacelle (la trappe de visite).
Mars 2008	Dinéault (Finistère)	Emballement de l'éolienne (sans bris de pale associé) lors d'une tempête – dysfonctionnement du système de freinage.
Avril 2008	Plouguin (Finistère)	Collision d'un petit avion avec une éolienne, sans gravité pour le pilote amateur, vraisemblablement à cause des mauvaises conditions météo l'obligeant à voler au-dessous de l'altitude autorisée.
19/07/2008	Erizée-la-Brulée (Meuse)	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre et un défaut de pale.
28/08/2008	Vauvillers (Somme)	Incendie de la nacelle relatif à problème au niveau d'éléments électroniques.
26/12/2008	Raival (Meuse)	Chute de pale – cause inconnue.
26/01/2009	Clastres (Aisne)	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance suite à l'explosion d'un convertisseur.
08/06/2009	Bollène (Vaucluse)	Bout de pale éolienne ouverte liée à un coup de foudre.
21/10/2009	Froidfond – Espinassière (Vendée)	Incendie de la nacelle – cause inconnue.
30/10/2009	Freyssenet (Ardèche)	Incendie de la nacelle relatif à court-circuit faisant suite à une opération de maintenance.
20/04/2010	Toufflers (Nord)	Décès d'un technicien (crise cardiaque) au cours d'une opération de maintenance.
30/05/2010	Port la Nouvelle (Aude)	Effondrement d'une éolienne – Rotor endommagé par survitesse.
19/09/2010	Rochefort-en-Valdaine (Drôme)	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles lors d'une tempête et relatif à un dysfonctionnement du système de freinage.
15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux (Loire-Atlantique)	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance. Aucune blessure grave.
31/05/2011	Mesvres (Saône-et-Loire)	Collision entre train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne. Aucun blessé.
14/12/2011	Non communiqué	Rupture de pale liée à la foudre.

03/01/2012	Non communiqué	Acte de vandalisme : départ de feu au pied de tour.
05/01/2012	Widehem (Pas-de-Calais)	Bris de pales – Projection à 380 m.
06/02/2012	Lehaucourt (Aisne)	Opération de maintenance dans la nacelle - un arc électrique (690V) blesse deux sous-traitants (brûlure sérieuse au visage et main).
18/05/2012	Fresnay l'Evêque (Eure)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub.
30/05/2012	Port-le-Nouvelle (Aude)	Chute d'une éolienne liées à des rafales de vent de 130 km/h – Eolienne de 1991, tour en treillis (200 kW).
01/11/2012	Vieillepesse (Cantal)	Projection d'un élément de la pale à 70 m du mât pour une éolienne de 2,5 MW.
05/11/2012	Sigean (Aude)	Feu sur une éolienne de 660 KW entraînant une chute de pale et enflammant 80 m² de garrigue environnante.
06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne (Aude)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne suite à un défaut de vibration.
17/03/2013	Euvry (Marne)	Feu dans une nacelle entraînant une chute de pale.
03/08/2013	Moreac (Morbihan)	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice intervenant sur une éolienne – pollution du sol sur 80 m².
09/01/2014	Anthény (Ardennes)	Feu dans une nacelle au niveau de la partie moteur.
20/01/2014	Sigean (Aude)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne suite à un défaut de vibration.

Tableau 19 : Liste des incidents intervenus en France (source : aria.developpement-durable.gouv.fr/barpi_site.gnc, 01/09/15)

6.1.3. Bilan accidentologie humain

Le bilan de l'accidentologie humaine nous indique que depuis 11 ans environ :

- Aucun tiers, extérieur au parc, n'a été blessé ou tué ;
- Les personnes blessées sont toutes du personnel de maintenance. Sept accidents sont à déplorer conduisant à huit blessés dont deux morts.

Année	Nb. Individu	Blessure	Cause
2002	1	Electrocution et brûlure	Contact avec le transformateur
2009	2	Brûlure	Explosion du convertisseur
2010	1	Décès	Crise cardiaque
2010	1	Blessure légère	Chute de 3 m dans la nacelle
2011	1	Décès	Ecrasement lors du levage d'éléments d'éolienne
2012	2	Brûlure	Arc électrique
2013	1	Fracture du nez et atteinte des voies respiratoires	Projection d'un embout d'alimentation du réservoir d'azote sous pression et jet de gaz au visage

Tableau 20 : Liste des accidents humains inventoriés

⇒ A ce jour, en France, aucun accident affectant des tiers ou des biens appartenant à des tiers n'est à déplorer. Le seul accident de personne recensé en France relève de la sécurité du travail dans des locaux où des appareils à haute tension sont en service.

6.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

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

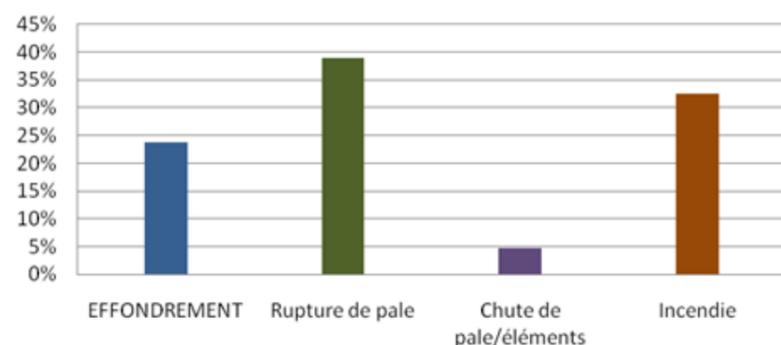


Figure 15 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

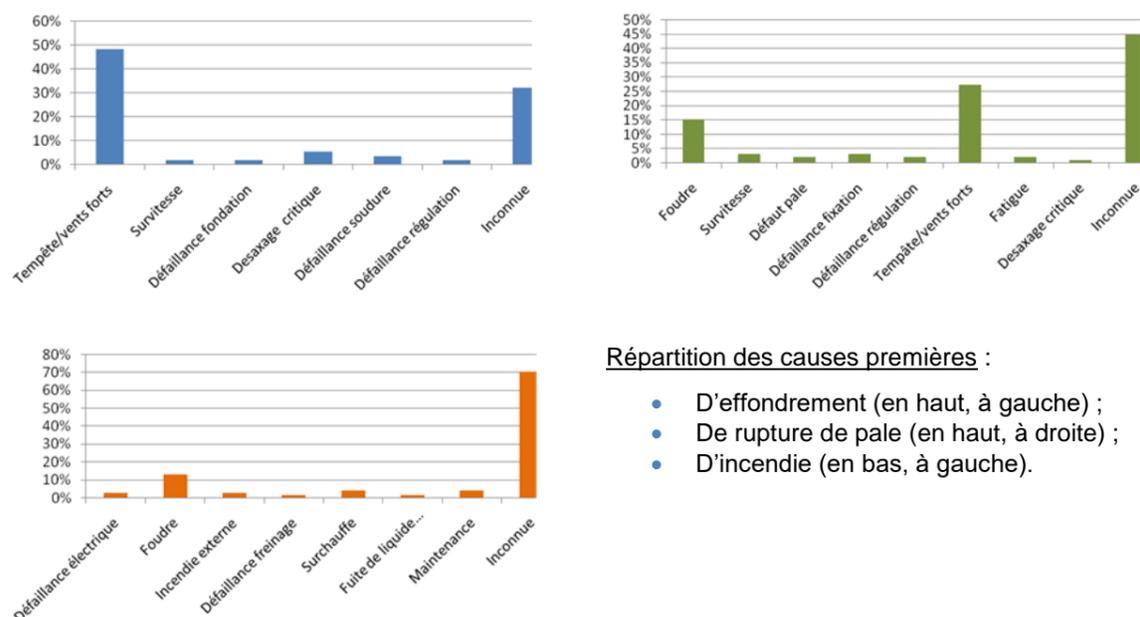


Figure 16 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

6.3. Inventaire des accidents et incidents survenu sur les sites de l'exploitant

A la date de rédaction de la présente étude, aucun accident majeur n'est survenu sur les sites exploités par la société CSO Energy (source : EPURON, 2015).

6.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

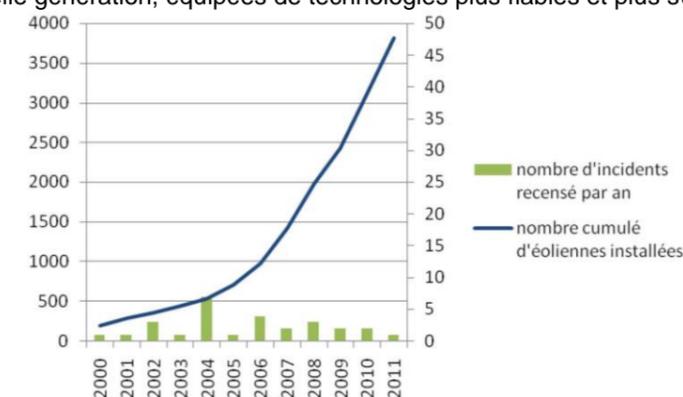


Figure 17 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Comme le montre l'arbre de défaillance ci-contre, 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.

6.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1. 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.

7.2. Recensement des événements 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. 214-212 du Code de l'Environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-213 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.

7.3. Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

7.3.1. Agressions externes liée 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 ici.

Remarque : Aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km. Aucune ligne électrique aérienne n'est présente à moins de 200 m des éoliennes projetées.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m

Distance par rapport au mât des éoliennes		
E101	E102	E103
147 m Cc1	20 m Cc4	/

Tableau 21 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	<ul style="list-style-type: none"> Risque non quantifié par le DDRM du 51 La vitesse maximale de vent répertoriée sur site par le mât de mesure est de 25,73 m/s à 80 mètres d'altitude sur la période 01/09/2008 au 15/02/2010. Absence de cyclone recensé sur cette zone.
Foudre	<ul style="list-style-type: none"> Densité de foudroiement : 18 contre 22 en moyenne nationale Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) et EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)
Glissement de sols / affaissement miniers	<ul style="list-style-type: none"> « Aléa faible » de retrait et gonflement des argiles ; Cavité : Présence d'aucune cavité sur les territoires du périmètre d'étude de dangers. Aucune cavité n'est recensée dans le périmètre d'étude de dangers.

Tableau 22 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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 décrite après dans la partie 7.6.

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.

7.4. Scénarios 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.

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

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

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

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

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

N°	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 de la formation de glace sur les pales (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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
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 –	Impact sur cible	1

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				exploitation) (N° 9)		
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie de la pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de la pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de la 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
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 23 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

7.5. Effets dominos sur les ICPE

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

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques génériques présenté ci-dessus.

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 ».

On limite l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 m (source : INERIS/SER/FEE, Mai 2012). Or, sur la zone d'étude, aucune éolienne du parc éolien des Bouchats ne se trouve à moins de 100 m d'une éolienne d'un parc en service ou de toute autre installation ICPE.

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

⇒ Aucun effet domino n'est donc à prévoir.

7.6. Mise en place des mesures de sécurité

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux listés dans le tableau Analyse Préliminaire des Risques (APR) et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc éolien des Bouchats. 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-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité ;
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse 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 »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
 - ✓ Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur ;
 - ✓ Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut-être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - ✓ une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - ✓ une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite ;
- **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.

Remarque 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « NA » (Non Applicable).

Remarque 2 : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

N° de la fonction de sécurité : 1	Prévenir de la formation de glace sur les pales de l'éolienne	N° de risque concerné : GO2
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 (par exemple : analyse des données de fonctionnement de l'éolienne + système de mesure des oscillations et des vibrations) permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt immédiate de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.	
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés. Dans la présente étude, ce cas de danger n'est pas avéré, le chemin qui passe à proximité des éoliennes n'est pas particulièrement fréquenté (en particulier en hiver) et aucun survol n'intervient.	
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.	
Efficacité	100 %	
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement, puis vérification annuelle.	

N° de la fonction de sécurité : 2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de risque concerné : GO1
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine. Eloignement 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). Un panneau à proximité de chaque éolienne et sur les accès du site sera également mis en place.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.	
Tests	/	
Maintenance	Constat lors de la mise en route de l'exploitation. Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.	

N° de la fonction de sécurité : 3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de risque concerné : I03/I04
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques pour les composants les plus importants: paliers, freins, systèmes hydrauliques, multiplicateur, enroulements d'alternateur, etc. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.	
Description	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle de l'exploitant. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.	
Indépendance	Oui Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.	
Temps de réponse	<60 secondes.	
Efficacité	100 %	
Tests	Lors de la phase d'essai de la machine.	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.	

N° de la fonction de sécurité : 4	Prévenir la survitesse	N° de risque concerné : I03/P01
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 d'un frein mécanique auxiliaire.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.	
Efficacité	100 %	
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.	

N° de la fonction de sécurité : 5	Prévenir des courts-circuits	N° de risque concerné : I01/I02/I05/I06
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.	
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde	
Efficacité	100 %	
Tests	/	
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.	

N° de la fonction de sécurité : 6	Prévenir les effets de la foudre	N° de risque concerné : I01/I02/I05/I06
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.	
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010). Dispositif de capture + mise à la terre. Parasurtenseurs sur les circuits électriques.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif.	
Efficacité	100 %	
Tests	/	
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.	

N° de la fonction de sécurité : 7	Protection et intervention incendie	N° de risque concerné : I05/I06
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours.	
Description	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs, l'alarme et le lancement du système d'extinction automatique. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.	
Efficacité	100 %	
Tests	/	
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.	

N° de la fonction de sécurité : 8	Prévention et rétention des fuites	N° de risque concerné : I07/F01/F02
Mesures de sécurité	Nacelle et hub faisant office de bac de rétention. DéTECTEURS de niveau d'huiles. Procédure d'urgence. Kit antipollution	
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite.	
Efficacité	100 %	
Tests	N/A	
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an.	

N° de la fonction de sécurité : 9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de risque concerné : C02/C03/P03/E01/E02/E03/E05/E07
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.). Procédures qualités. Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)	
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Tests	NA	
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.	

N° de la fonction de sécurité : 10	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de risque concerné : C01/E07
Mesures de sécurité	Procédure maintenance.	
Description	Préconisations du manuel de maintenance. Formation du personnel.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Tests	Vérification du manuel de maintenance avant démarrage de l'exploitation. Formation systématique des techniciens.	
Maintenance	NA	

N° de la fonction de sécurité : 11	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de risque concerné : E05
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite.	
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue. Surveillance en continue à l'aide de 2 capteurs.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	< 1 min	
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés. Le niveau attendu de vent sur le secteur (voir % VII.3.2) permet de ne pas envisager d'autre dispositif de diminution de prise au vent de l'éolienne.	
Tests	Test des capteurs au moment de la mise en service et à chaque maintenance	
Maintenance	Vérification du frein hydraulique, système de détection de survitesse, du système d'alarme, des motoréducteurs, du graissage, etc..	

N° de la fonction de sécurité : 12	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de risque concerné : E06/P02
Mesures de sécurité	Inspection + actions de sécurité associées	
Description	NA	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Tests	Dégradation de l'état des équipements surveillée à chaque visite machine.	
Maintenance	Lors de chaque visite sur site	

N° de la fonction de sécurité : 13	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention	N° de risque concerné : E04
Mesures de sécurité	Elaboration du plan de prévention, mise en œuvre des mesures définies	
Description	Plan de prévention fait annuellement incluant une visite commune pour identifier les risques sur site ainsi que les mesures de prévention et d'urgence.	
Indépendance	Oui	
Temps de réponse	NA	
Efficacité	100 %	
Tests	Visite Sécurité 2/an par le constructeur sur site et vérification de l'application des consignes du plan de prévention.	
Maintenance	Annuelle. - ou à chaque opération non-routinière (intervention d'une grue externe par exemple).	

Tableau 24 : Ensemble des fonctions de sécurité (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

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

7.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

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

Tableau 25 : Scénarios exclus (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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.

8 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.

8.1. 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 toxique.

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

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique nationale 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.

8.1.1. CINETIQUE

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

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

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

8.1.2. INTENSITE

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

On constate que les 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 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 : seuil 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 %

Tableau 26 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

8.1.3. Gravité

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

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

Tableau 27 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)

8.1.4. Probabilité

L'annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les 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 Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 28 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)

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 :

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

P_{PERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

8.2. Détermination des paramètres pour l'étude détaillée des risques

8.2.1. Effondrement de l'éolienne

Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m dans le cas des éoliennes du parc éolien des Bouchats 1.

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

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas le plus défavorable (cf. 3-4) du parc éolien des Bouchats 1. R est la longueur de la pale (R= 45 m), H la hauteur du mât (H= 103,05 m), L la largeur du mât (L= 3,9 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 3,512 m).

Effondrement de l'éolienne			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB / 2)$	$Z_E = \pi \times (H + R)^2$	$d = (Z_I / Z_E) \times 100$	
639	68 860	0,93 (< 1%)	Exposition modérée

Tableau 29 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne

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 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

Effondrement de l'éolienne		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E101	0,07	Modérée
E102	0,07	Modérée
E103	0,07	Modérée

Tableau 30 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne

Remarque : le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4.

Probabilité

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

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

Tableau 31 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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'expérience¹, 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 : « Evènement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

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

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

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

¹ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Bouchats 1, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'éolienne		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E101	Modérée	Acceptable
E102	Modérée	Acceptable
E103	Modérée	Acceptable

Tableau 32 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Bouchats 1, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2. 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, une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée 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 des Bouchats 1, la zone d'effet a donc un rayon de 50 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien des Bouchats 1. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R= 49 m), SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

Chute de glace			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
1	7543	0,01 (<1 %)	Exposition modérée

Tableau 33 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace

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 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Chute de glace		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E101	0,008	Modérée
E102	0,008	Modérée
E103	0,008	Modérée

Tableau 34 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace »

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Bouchats 1, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E101	Modérée	Acceptable
E102	Modérée	Acceptable
E103	Modérée	Acceptable

Tableau 35 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Bouchats 1, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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.

8.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

Zone d'effet

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

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

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Bouchats 1. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R= 49$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB= 3,9$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
96	7539	1,27 (> 1% et < 5%)	Exposition forte

Tableau 36 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace

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 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E101	0,008	Sérieuse
E102	0,008	Sérieuse
E103	0,008	Sérieuse

Tableau 37 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Bouchats 1, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E101	Sérieuse	Acceptable
E102	Sérieuse	Acceptable
E103	Sérieuse	Acceptable

Tableau 38 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Bouchats 1, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4. Projection de pales et de fragments de pales

Zone d'effet

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

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

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études présentées aux points 5 et 6 de la trame type de l'INERIS.

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

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien des Bouchats 1. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R= 49$ m), LB la largeur de la base de la pale ($LB= 3,9$ m) et R_E la zone de 500 m autour de l'éolienne.

Projection de pale ou de fragment de pale			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I=R \times LB/2$	$Z_E= \pi \times R_E^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
96	785 400	0,01 (<1%)	Exposition modérée

Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E101	0,78	Modérée
E102	0,78	Modérée
E103	0,78	Modérée

Tableau 40 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

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	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990-Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbine	$1,1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des Accidents entre 1996 et 2003

Tableau 41 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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 évènements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ évènement par éolienne et par an).

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

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

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

- Les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- Les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- Le système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Le 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 ;
- L'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

Le tableau ci-dessous rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Bouchats 1, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Projection de pale ou de fragment de pale		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E101	Modérée	Acceptable
E102	Modérée	Acceptable
E103	Modérée	Acceptable

Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Bouchats 1, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.5. 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 du chapitre 10.4 propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor}) \text{ soit } 300 \text{ m.}$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (voir référence n°17 du chapitre 10.4). A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien des Bouchats. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 49 m), H la hauteur au moyeu (H= 100 m), et S_G la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace			
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 = S _G	Z _E = π x (1,5 x (H+2 x R)) ²	d = (Z _I /Z _E) x 100	
1	282744	0,0004 (<1%)	Exposition modérée

Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace »

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1.3.), 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 qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

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

Projection de morceaux de glace		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E101	0,28	Modérée
E102	0,28	Modérée
E103	0,28	Modérée

Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »

Probabilité

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

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

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

Acceptabilité

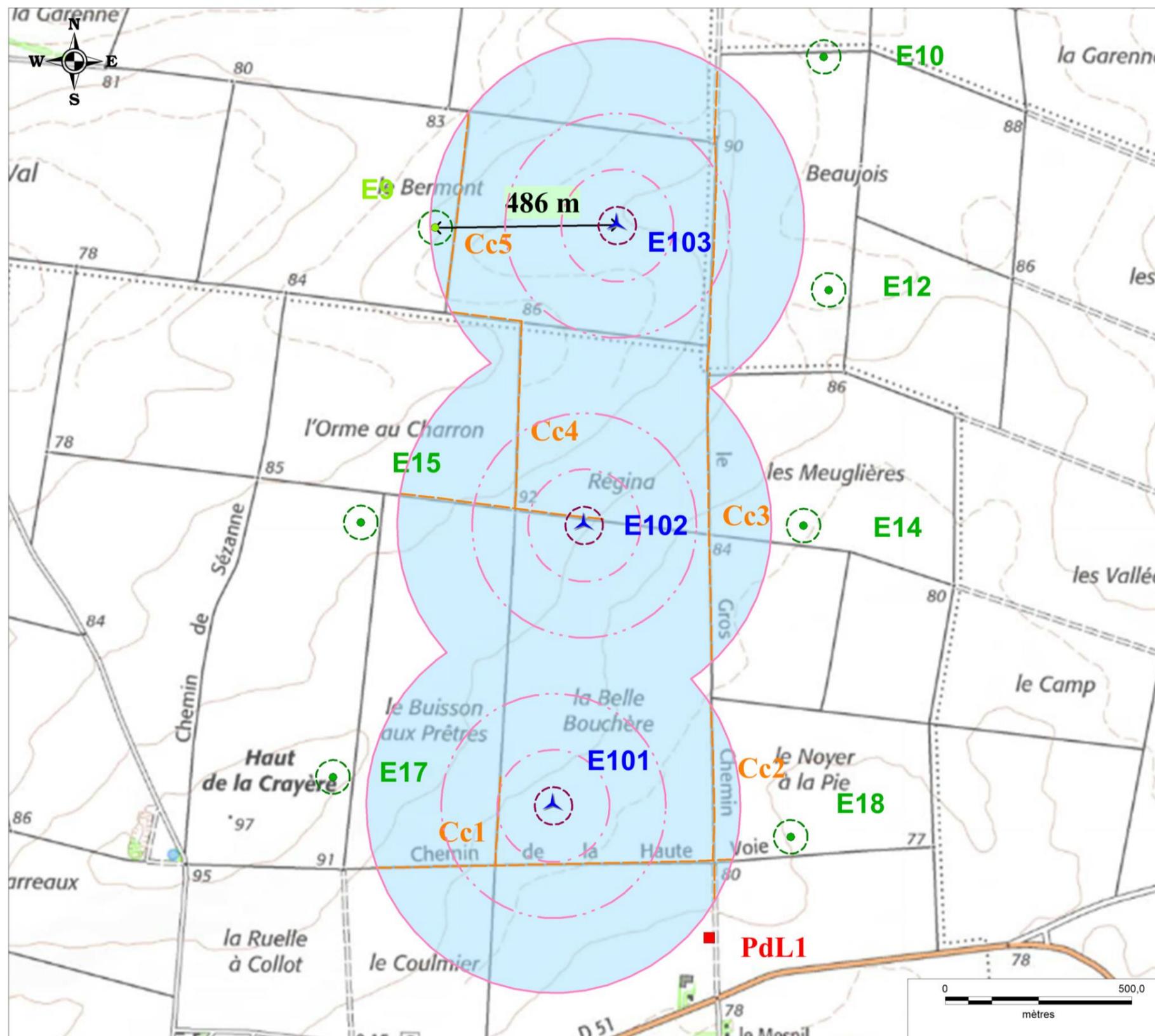
Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « modérée ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 1 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Bouchats 1, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E101	Modérée	oui	Acceptable
E102	Modérée	oui	Acceptable
E103	Modérée	oui	Acceptable

Tableau 45 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Bouchats 1, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.



Synthèse des risques

Echelle : 1/10 000 ème

Légende :

 Périimètre de la zone d'étude de dangers (500 m)

Projet du parc éolien Les Bouchats 1 :

 Eolienne
 Poste de livraison

 Zone de surplomb par les pales (50 m)

Parcs éoliens riverains :

 Parc éolien des Hauts Moulins
 Parc éolien de la Plaine Dynamique
 Parc éolien de Moulin des Champs
 Zone de surplomb par les pales (45 m)
 Distance aux éoliennes riveraines intégrant le périmètre d'étude de dangers

Infrastructures routières :

 Voie communale
 Chemin rural

Représentation des scénarios étudiés :

 Risque de chute de glace ou autre élément
 Risque d'effondrement
 Risque de projection de glace
 Risque de projection de pale

Personnes exposées :

 Moins d'une personne

Intensité d'exposition :

 Modérée
 Sérieuse

Source: Scan25® ©IGN PARIS - Licence EPURON - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Novembre 2015.

Carte 20 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers

8.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée E101 à E103
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse E101 à E103
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée E101 à E103
Projection de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée E101 à E103
Projection de glace	1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée E101 à E103

Tableau 46 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc

8.3.2. 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.

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.

La liste des scénarios pointés dans la matrice sont les suivants :

- Chute d'éléments des éoliennes E101, E102, E103 (scénario C_{e1}, C_{e2}, C_{e3}) ;
- Chute de glace des éoliennes E101, E102, E103 (scénario C_{g1}, C_{g2}, C_{g3}) (fonction de sécurité n°2 § 7.6) ;
- Effondrement des éoliennes E101, E102, E103 (scénario E_{r1}, E_{r2}, E_{r3}) ;
- Projection de glace des éoliennes E101, E102, E103 (scénario P_{g1}, P_{g2}, P_{g3}) ;
- Projection de pale des éoliennes E101, E102, E103 (scénario P_{p1}, P_{p2}, P_{p3}).

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux			C _{e1} , C _{e2} , C _{e3} ,		
Modéré		E _{r1} , E _{r2} , E _{r3} P _{p1} , P _{p2} , P _{p3}		P _{g1} , P _{g2} , P _{g3}	C _{g1} , C _{g2} , C _{g3}

Légende de la matrice :

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

Figure 18 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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.

8.3.3. 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.

9 CONCLUSIONS

Les principaux accidents majeurs identifiés du parc éolien des Bouchats 1 sont ceux les plus fréquents au regard de l'accidentologie, à savoir :

- Le bris de pale ;
- L'effondrement de l'éolienne ;
- La chute d'éléments ;
- La chute et la projection de glace.

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

- D 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 0,008 personnes, ce qui représente une gravité modérée. Sont présentes uniquement des pâtures.

Dans la zone d'effondrement de la machine (dite également zone de ruine), l'enjeu humain est évalué à 0,07 personnes. Sont présents des pâtures ainsi que des chemins ruraux et une voie communale. Toutefois, en l'absence d'infrastructure importante, l'enjeu humain est nettement inférieur à une personne.

Dans la zone de projection de glace, l'enjeu humain est défini à 0,28 personnes. Sont également présents des pâtures et des boisements ainsi qu'une voie communale et des chemins ruraux. L'enjeu humain reste inférieur à 1 personne.

Enfin, sur le reste de la zone, l'enjeu humain reste modéré puisqu'il s'agit, pour l'essentiel, de pâtures et de boisements pour lequel il est estimé à 0,78 personnes. Sont présents également une voie communale et des chemins ruraux.

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 de 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 scénarii 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.

10 ANNEXES

10.1. 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 7.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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

Scénario G01

En cas de formation de glace, les systèmes de prévention 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.

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrages 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.

10.1.2. 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 regardés :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10.1.3. 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 danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

10.1.4. 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.

10.1.5. Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)

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

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

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

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

Scénario P03

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

10.1.6. 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, ...

10.2. Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d'atteinte en fonction de l'événement redouté central.

Evènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d'exposition	Probabilité d'atteinte
Effondrement	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Chute de glace	1	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (E)

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

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

10.3. Glossaire

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

Accident : 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-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

Braam H. (2005) – *Handboek Risicozonering Winturbines – 2^e versie. S1.*

DDT de la Marne (2012) – Dossier Départemental des Risques Majeurs

Guillet R., Leteutrois J.-P. - Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - (2004) ;

INERIS/SER/FEE (déc. 2011) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens ;

Région Champagne-Ardenne (2012) – Schéma Régional Eolien ;

WECO (déc. 1998) – Wind energy production in cold climate.

Sites internet consultés :

- www.argiles.fr
- www.cartes-topographiques.fr ;
- www.inondationsnappes.fr ;
- www.planseisme.fr
- www.prim.net ;
- www.alstom.com ;
- www.statistiques-locales.insee.fr

10.4. Bibliographie

- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (réf DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum ;
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest ; Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005 ;
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004 ;
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public ;
- Interest Energy Research Program, 2006 ;
- Omega 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- Alpine test site Gutsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al. ;
- Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000 ;
- Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil General des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004 ;
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kroning J. - DEWI, avril 2003 ;
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005 ;
- DDT de la Marne (2012) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;
- INERIS/SER/FEE (2012) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens.

Sites internet consultés :

- www.argiles.fr;
- www.asn.fr;
- www.cartes-topographiques.fr ;
- www.inondationsnappes.fr ;
- www.planseisme.fr.
- www.prim.net ;
- www.statistiques-locales.insee.fr.

10.5. Table des illustrations

10.5.1. Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la filiale EPURON (source : EPURON, 2016).....	7
Figure 2 : Illustration des températures sur 33 ans – Station de Troyes-Barbère (source : Insee, Station de Troyes-Barbère).....	14
Figure 3 : Illustration des précipitations sur 33 ans – Station de Troyes-Barbère (source : Insee, Station de Troyes-Barbère).....	15
Figure 4 : Illustration du mât de mesure de vent (source : EPURON, 2015).....	16
Figure 5 : Rose des vents moyenne du site et rose énergétique (source : EPURON, 2015).....	16
Figure 6 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale).....	25
Figure 7 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –.....	29
Figure 8 : Illustration de la signalétique possible, employée sur un parc.....	32
Figure 9 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	33
Figure 10 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés (source : ATER Environnement, 2014).....	33
Figure 11 : Attestation de détention des autorisations de convention de passage (source : EPURON, 2015).....	34
Figure 12 : Mémoire descriptif de l'ensemble des travaux (source : EPURON, 2015).....	34
Figure 13 : Planning des travaux d'enfouissement des réseaux (source : EPURON, 2015).....	35
Figure 14 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2010 (source : SER/FEE/INERIS, 2011).....	47
Figure 15 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012).....	49
Figure 16 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012).....	49
Figure 17 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	49
Figure 18 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	67

10.5.2. Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011).....	6
Tableau 2 : Inventaire des éoliennes possibles (non exhaustif) pour le projet (source : EPURON, 2014).....	6
Tableau 3 : Référence administrative de la société Parc éolien des Bouchats (source : EPURON, 2015).....	7
Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : EPURON, 2015).....	7
Tableau 5 : Parcs éoliens développés, en exploitation et en cours de construction (source : EPURON, 2016).....	9
Tableau 6 : Identification des parcelles cadastrales (source : EPURON, 2014).....	11
Tableau 7 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (Insee, 2009).....	13
Tableau 8 : Synthèse des risques majeurs sur les territoires d'implantation du parc projeté (source : DDRM 51, 2012).....	16
Tableau 9 : Inventaire des arrêtés de catastrophe naturelle sur le périmètre de l'étude de dangers (source : prim.net, 2013).....	17
Tableau 10 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures intégrant leur périmètre d'étude de dangers.....	19
Tableau 11 : Définition du rayon maximal du périmètre de la projection de glace.....	23
Tableau 12 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés pour une éolienne.....	23
Tableau 13 : Coordonnées géographiques du parc éolien.....	26
Tableau 14 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012.....	27
Tableau 15 : Niveaux intermédiaires requis en fonction de la hauteur de l'éolienne (source : arrêté du 13 novembre 2009).....	27
Tableau 16 : Normes et certifications auxquelles répondent les machines retenues (source : EPURON, 2014).....	29
Tableau 17 : Produits sortants de l'installation (source : EPURON – 2015).....	43
Tableau 18 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012).....	44
Tableau 19 : Liste des incidents intervenus en France (source : aria.developpement-durable.gouv.fr/barpi_site.gnc, 01/09/15).....	48
Tableau 20 : Liste des accidents humains inventoriés.....	48
Tableau 21 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	51
Tableau 22 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	52
Tableau 23 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	54
Tableau 24 : Ensemble des fonctions de sécurité (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	58
Tableau 25 : Scénarios exclus (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	58
Tableau 26 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	59
Tableau 27 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005).....	60
Tableau 28 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005).....	60
Tableau 29 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne.....	61
Tableau 30 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne.....	61
Tableau 31 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	61
Tableau 32 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne ».....	62
Tableau 33 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace.....	62
Tableau 34 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace ».....	62
Tableau 35 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace ».....	62
Tableau 36 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace.....	63
Tableau 37 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne ».....	63
Tableau 38 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne ».....	63
Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale ».....	64
Tableau 40 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale ».....	64
Tableau 41 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....	64
Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale ».....	64
Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace ».....	65
Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace ».....	65
Tableau 45 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace ».....	65

Tableau 46 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc 67

10.5.3. Liste des cartes

Carte 1 : Localisation géographique de l'installation.....	8
Carte 2 : Définition du périmètre d'étude de dangers	10
Carte 3 : Distance aux premières zones urbanisées ou à urbaniser	12
Carte 4 : Gisement éolien de la région Champagne-Ardenne / Etoile rouge – Localisation du site (SRE, 2013)	15
Carte 5 : Sensibilité des territoires des communes d'implantation du projet aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe – Légende : Cercle rouge / Implantation du site (source. inondationsnappes.fr)	17
Carte 6 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le site d'étude – Légende : Cercle rouge / Implantation du site (source : www.argiles.fr, 2013).....	17
Carte 7 : Zones sismiques en Champagne-Ardenne– Légende : Etoile rouge / localisation du site (source : planseisme.fr, 2013).....	18
Carte 8 : Densité de foudroiement - Légende : Etoile bleue/ Localisation du site (source : Météo France).....	18
Carte 9 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers	20
Carte 10 : Enjeux humains sur l'aire d'étude de dangers	22
Carte 11 : Plan détaillé de l'installation (source : EPURON, 2014)	24
Carte 12 : Réseaux électriques internes à l'installation	30
Carte 13 : Synoptique du réseau HTA (source : EPURON, 2015)	36
Carte 14 : Plan de situation 1/500 000 ^e (source : EPURON, 2015).....	37
Carte 15 : Plan d'implantation 1/15 000 ^e (source : EPURON, 2015).....	38
Carte 16 : Plan d'ensemble et coupes - Réseau HTA enterré 1/3 (source : EPURON, 2015).....	39
Carte 17 : Plan d'ensemble et coupes - Réseau HTA enterré 2/3 (source : EPURON, 2015).....	40
Carte 18 : Plan d'ensemble et coupes - Réseau HTA enterré 3/3 (source : EPURON, 2015).....	41
Carte 19 : Délimitation territoriale du Schéma Régional Eolien (source : SRE du SRCAE, 2012) / Légende : Etoile rouge – Localisation du site)	45
Carte 20 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers	66

10.6. Coordonnées WGS 84

Les coordonnées sont données à titre indicatif, les plans du dossier faisant foi.

Eolienne	Coordonnées WGS84		Altitude (NGF - m)	
	Latitude	Longitude	Au sol	Bout de pale (max)
E101	N 48°35'23,5"	E 3°51'55,6"	80	230
E102	N 48°35'47,8"	E 3°51'59,6"	85	235
E103	N 48°36'13,7"	E 3°52'3,9"	85	235
PDL1	N 48°35'12,1"	E 3°52'15,9"	85	/

10.7. K-Bis de la société « Parc éolien des Bouchats »



Insee
Mesurer pour comprendre
Service Info Sirene
09 72 72 6000
prix d'un appel local

Service Statistique Répertoire SIRENE

Toute modification (changement d'adresse, statut, raison sociale, activité...) concernant votre entreprise doit être déclarée au CFE dont vous dépendez.

Pour plus de précisions, consulter le site internet Insee.fr à l'adresse :
<http://www.insee.fr/fr/service/default.asp?page=entreprises/sirene/liste-CFE.htm>

SITUATION AU REPERTOIRE SIRENE

A la date du 30 janvier 2017

Description de l'entreprise	Entreprise active au répertoire Sirene depuis le 25/06/2014
Identifiant SIREN	803 306 109
Identifiant SIRET du siège	803 306 109 00015
Désignation	PARC EOLIEN DES BOUCHATS
Sigle	PE DES BOUCHATS
Catégorie juridique	5498 - SARL unipersonnelle
Activité Principale Exercée (APE)	3511Z - Production d'électricité

Description de l'établissement	Etablissement actif au répertoire Sirene depuis le 20/02/2015
Identifiant SIRET	803 306 109 00031
Adresse	PARC EOLIEN DES BOUCHATS PARCELLE X 82 LE CHEMIN DU MESNIL 51260 GRANGES SUR AUBE
Activité Principale Exercée (APE)	3511Z - Production d'électricité

Important : A l'exception des informations relatives à l'identification de l'entreprise, les renseignements figurant dans ce document, en particulier le code APE, n'ont de valeur que pour les applications statistiques (décret n°2007-1888 du 26 décembre 2007 portant approbation des nomenclatures d'activités françaises et de produits, paru au JO du 30 décembre 2007).

Avertissement : aucune valeur juridique n'est attachée à l'avis de situation.

Site de gestion: INSEE, DR GRAND EST
SIRENE, Service Statistique
10 RUE EDOUARD MIGNOT
CS 10048
51721 REIMS CEDEX