IV.2.2. SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

Articles	***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 ICPE***			
	Description des Articles	*Vestas V112 – 3.45MW*	*Senvion 3.4M114*	*Siemens SWT113 – 3.2MW*
Article 5	Pas de bâtiments à usage de bureau à moins de 250m d'une éolienne	Ok (cf. carte 3 et 3a : III 1. 1)	Ok (cf. carte 3 et 3a : III 1. 1)	Ok (cf. carte 3 et 3a : III 1. 1)
Article 6	Conformité des éoliennes au champ magnétique (100 microteslas à 50-60 Hz)	Une étude a été réalisée en juin 2010 par la CRAM et les membres du CHSCT afin d'estimer cette exposition. Les résultats montrent que les valeurs d'exposition sont très inférieures aux « valeurs déclenchant l'action » (parc d'éoliennes VESTAS de 2MW en fonctionnement. Les mesures sur les V112 de 3.45MW n'ont pas été réalisées à ce jour.	Confirmation non dépassement du seuil de 100 microteslas à 500m Package ICPE	Nacelle est en fibre de verre renforcée par un maillage métallique (effet cage de Faraday), la pollution électromagnétique est donc minimale autour des éoliennes (non dépassement du seuil de 100 microteslas à 500m).
article 8	Conformité des éoliennes à la norme NFEN 61400-1 de juin 2006 (avoir le certificat de conformité à disposition) Conformité à l'article R511-38 du code de la construction et de l'habitation	Vestas remet à chacun de ses clients un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1. De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.	Conformité de l'éolienne au standard IEC 61400-1	Conformité de l'éolienne au standard IEC 61400-1
Article 9	Descriptif de mise à la terre des aérogénérateurs. Respecte la norme IEC 61 400 - 24 (version Juin 2010)	Les éoliennes Vestas respectent le standard IEC 61400-24 Contrôle visuel lors des opérations de maintenance	Respect du standard IEC 61400-24	Respect du standard IEC 61400-24
Article 10	Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 (conforme aux normes NFC 15-100, NFC 13-100, NFC 13-200)	Attestation du respect de la Directive européenne fournie par le constructeur pour toutes ces éoliennes (« *Declaration of Conformity* »)	Attestation du respect de la Directive européenne fournie par le constructeur	Installations électriques conformes à la Directive du 17/05/2006
article 13	Pas d'accès libre dans l'éolienne par des personnes étrangères à l'installation (poste de livraison, aérogénérateur : accès fermé à clef).	Portes équipée de verrous (à la demande du client, dispositifs d'alerte pour toute ouverture de portes avec le système SCADA)	Toutes les éoliennes Senvion sont équipées de portes verrouillables par clefs (sans oublier la présence d'un contacteur de porte et d'un détecteur de présence)	Procédures d'exploitation conformes à l'article
article 14	Affichage des prescriptions à observer par les tiers (pictogrammes sur un panneau : Consignes de sécurité, interdiction de pénétrer, mise en garde face aux risques d'électrocution, mise en garde chute de glace.	Pictogrammes proposés par Vestas (cf. Annexe 7) (installation de panneaux à la charge de l'exploitant)	Pictogrammes proposés par Senvion (installation de panneaux à la charge de l'exploitant)	Préconisations pour la signalétique (responsabilité du client). Rédaction de Notice Santé, Sécurité et Environnement conformes aux dispositions de l'article.
article 15	Exploitant réalise les essais permettant d'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements : essais d'arrêt, arrêt d'urgence, un arrêt depuis un régime de survitesse avant mise en service et tous les ans	Tests des fonctions de sécurité réalisés lors de la mise en service de l'aérogénérateur (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) ainsi que lors des opérations de maintenance préventive	Tests des fonctions de sécurité réalisés lors de la mise en service de l'aérogénérateur ainsi que lors des opérations de maintenance préventive	Tests des fonctions de sécurité réalisés lors de la mise en service de l'aérogénérateur ainsi que lors des opérations de maintenance préventive
article 16	Propreté à l'intérieur des aérogénérateurs	Prestations réalisées par les équipes Vestas dans le cadre des contrats de maintenance	Respect des exigences de propreté	Respect des exigences de propreté
article 17	Fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent	Techniciens Vestas et ses sous-traitants ont passé la formation BST (Basic Safety Training) et formations complémentaires Signature d'un plan de prévention	Sous contrat de maintenance avec Senvion (personnel qualifié, formé et habilité) Signature d'un plan de prévention	Les interventions se font par du personnel possédant une formation au travail dans les installations en hauteur, après visite, habilitation électrique (Cf. Annexe 7 Notice Santé Sécurité Environnement)
article 18	Descriptif des opérations de maintenance des constructeurs	Contrôle de l'aérogénérateur et des systèmes instrumentés de sécurité (Cf.IV 2. 3.)	Contrôle de l'aérogénérateur et des systèmes instrumentés de sécurité (Cf.IV 2. 3.)	Contrôle de l'aérogénérateur et des systèmes instrumentés de sécurité (Cf.IV 2. 3)
article 19	Exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation	Manuel de maintenance remis à l'exploitant fait état de la nature et de la fréquence des entretiens et opérations de maintenance.	L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien (mise à jour par l'exploitant).	Manuel de maintenance remis à l'exploitant fait état de la nature et de la fréquence des entretiens et opérations de maintenance.
article 20 & 21	Gestion des déchets	Respect des normes pour l'élimination des déchets générés par l'activité de l'installation (Référence à la législation au plan HSE) + Système d'Eoltainer	Respect des normes pour l'élimination des déchets générés par l'activité de l'installation	Respect des normes pour l'élimination des déchets générés par l'activité de l'installation
article 22	Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance	Consignes de sécurité et procédures se trouvent dans le manuel SST Vestas (Annexe7) et le document « Safety Regulations for operators and technicians »	Manuels d'exploitation des aérogénérateurs remis à la mise en service du parc éolien (Annexe 7)	Manuels d'exploitation des aérogénérateurs remis à la mise en service du parc éolien (Cf. Annexe 7 Notice Santé Sécurité Environnement)
article 23	Système de détection en cas d'incendie et de survitesse : temps d'alerte 15 min	Couplage détecteurs de fumée (nacelle + pied de tour) et de survitesse au système SCADA (envoi en temps réel l'alerte) Alarme générale déclenchée + Arrêt de l'éolienne Possibilité d'installation de systèmes fixes d'extinction d'incendie	Aérogénérateurs équipés de systèmes de détection de survitesse et d'incendie avec transmission immédiate via le système SCADA	Aérogénérateurs équipés de systèmes de détection de survitesse et d'incendie avec transmission immédiate via le système SCADA
Article 24	chaque éolienne est dotée de moyen de lutte contre l'incendie	Eolienne équipée en option d'un système de détection d'incendie. Alarme déclenchée dans la nacelle entrainant une mise à l'arrêt et l'envoi d'un message d'alerte Présence d'extincteurs + Techniciens formés	Système de détection et d'alarme d'incendie (alarme sonore à l'intérieure de l'éolienne et alarme à distance) Présence d'extincteurs	Système de détection et d'alarme d'incendie (alarme sonore à l'intérieure de l'éolienne et alarme à distance) Présence d'extincteurs
article 25	Système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace	Système de détection de formation de givre sur les pales couplé avec un paramétrage SCADA. Détecteur fixe de glace sur la nacelle	Système de détection de givre certifié par le TÜV Nord Double système de sécurité : « Anemometer Ice Detection » / « Power Curve Ice Detection »	Système de détection du givre permettant, en cas de détection de condition de givre, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur est appliquée. « Ice Detector System » couplé avec un paramétrage SCADA
article 26	Réglementation des émissions sonores (cf étude d'impact)	Courbes acoustiques et rapports de mesures fournies par le constructeur (Cf. Etude d'impact)	Garanties acoustiques selon les normes IEC 61400 en vigueur ainsi que différents modes d'optimisation acoustique	Courbes acoustiques et rapports de mesures fournies par le constructeur (Cf. Etude d'impact)

IV.2.3. NATURE ET ORGANISATION DES MOYENS DE SECOURS

Il est essentiel que le parc éolien « Les Pâtis Longs » soit connu, localisé et que les procédures appropriées aient été définies par les services de secours concernés. C'est suite à l'obtention de l'autorisation unique que l'exploitant du parc prend contact avec les services de secours, et utilise la fiche de renseignement ci-dessous qui propose un menu d'informations à mettre à disposition du service de secours.

Annexe Fiche GT sécurité N°1 : Intervention des services de secours			
N°	Renseignements	Utile aux services de secours	
		OUI	NON
	Demander aux services de secours si ils veulent avoir :		
1	Le nom du parc		
2	Les plan d'accès, cartes avec chemin d'accès surlignés		
3	Les coordonnées géographiques (WGS84 / Lambert) de chaque machine + poste de livraison		
4	Les N° des machines + postes (N° constructeurs avec la correspondance avec les N° exploitant)		
5	Le N° de téléphone de l'astreinte technique de l'exploitant (chargé de conduite)		
6	La hauteur du moyeu		
7	La hauteur du mât		
8	La définition d'un périmètre de sécurité en cas de besoin (350 à 500 m)		
9	La localisation et l'intensité des différentes sources de tension (plan, schéma, ...)		
10	La localisation des postes de livraison / de transformation		
11	La présence de SF6 ou non dans les transformateurs (ou de toutes autres substance dangereuse)		
12	Le type de transformateur : sec ou à bain d'huile		
13	Les systèmes antichutes et EPI généraux en place		
14	Le nombre et la hauteur des différents paliers		
15	Le N° du **P**oint de **S**ecours **P**ublic (si présent)		
16	La présence de panneautage ou non + localisation sur plan		
17	Un plan d'évacuation de la machine avec sorties d'urgence pour l'évacuation		
18	Points d'ancrage		
19	La localisation sur plan de l'alimentationBT / HT + des arrêts d'urgence		
20	Le système d'ouverture des portes (et la nécessité ou non d'utiliser des outils spécifiques pour l'ouverture)		
21	Leur demander si un véhicule de désincarcération doit être demandé spécifiquement en cas de nécessité d'intervention		
	Nombre total de document à fournir aux services de secours =		
	QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES IMPORTANTES	**OUI**	**NON**
22	**Avez-vous besoin d'autres informations ?**		
	Si oui, lesquelles ?		
23	**Est il possible d'organiser des exercices / simulation d'évacuation d'urgence / d'incendie avec vos services ?**		
24	**Est il possible de venir vous rencontrer directement dans votre centre de dispatching des appels d'urgence / Centre d'Appel Téléphonique (C.A.T) afin d'établir un contact et de vous communiquer la documentation de prévention déployée sur le parc ?**		

INFORMATIONS UTILES A COMMUNIQUER AUX SERVICES DE SECOURS
Les services de secours n'ont pas de manipulation à faire dans la machine qui devrait être déjà en sécurité s'ils doivent faire du secours à personne dans la mesure ou une machine doit être arrêtée et sécurisée avant que quiconque ne puisse y pénétrer.
Il est possible de couper tout le parc en le demandant à ERDF en dernier recours => ***indiquer ici les coordonnées de l'exploitant qui peut demander la coupure au gestionnaire de réseau***

Les conditions d'intervention et les pratiques demandées par les services de secours se décomposent comme suit

- **Accès au parc**
  - La localisation doit être impérativement communiquée au début des travaux de construction du parc éolien.
  - Afin de de faciliter l'accès au parc et de réduire le temps d'intervention, des mesures pratiques sont définies avec les services de secours. Elles peuvent être à titre d'exemple
    - Demander la création d'un Point de Secours Public (PSP)
    - Indiquer l'emplacement des installations par un marquage important et visible de loin sur chaque machine
    - Installer des panneaux indicatifs aux croisements des routes départementales et des chemins d'accès aux installations
- **Accès aux machines**
  - Par mesure de sécurité, l'exploitant du parc éolien ferme à clef la porte d'entrée de l'éolienne lors de toute intervention du personnel. Afin de réduire le temps d'intervention, les approches suivantes peuvent être mises en place comme par exemple :
    - Mettre les clés à disposition en partie basse (dans les véhicules d'intervention)
    - S'assurer que les portes d'accès aux éoliennes puissent être forcées à l'aide d'un pied de biche.
    - Fournir un double de clés passe partout au centre de secours le plus proche.
- **Accès à la nacelle**
  - Les services de secours ont toujours à leur disposition leur propre matériel d'intervention pour l'utilisation duquel ils sont formés.
  - Cependant, en fonction du constructeur et du type de machine pour la construction du parc, il se peut que ce sac ne passe pas les trappes intermédiaires et/ou la nacelle/ le hub. Il faudra donc faire un exercice d'entrainement avec les services de secours dans un délai raisonnable suivant la mise en service du parc. Si tel était le cas, le mode d'emploi du palan/treuil doit donc être communiqué au service de secours (seul moyen pour le matériel de sauvetage soit monté dans la nacelle).
  - Les points suivants sont également renseignés et agréés avec les services de secours concernés
    - Mise à disposition d'un sac d'Equipement de Protection Individuel complet (à leur remettre directement ou bien à laisser à demeure en machine ou poste de livraison)
    - Mise à disposition de chariots antichute adaptés aux lignes de vie installées en machine.
    - Communication aux services de secours des manuels/ consignes d'utilisation des élévateurs de charges et de personnes, des treuils et palans ainsi que ceux de tout EPI mis à leur disposition.
- **Simulation d'intervention et exercices d'évacuation**
  - Un exercice d'évacuation et de simulation d'intervention est organisé avec les services de secours concernés dans un délai de 6 moi à 1 an suivant la mise en service industrielle du parc éolien (cette demande sera formalisée par l'intermédiaire de la fiche de sécurité ci jointe). Pour cela, une éolienne du parc sera mise à disposition.
  - Des exercices périodiques sont organisés entre les services de secours et l'exploitant du parc.

Le parc éolien « Les Pâtis Longs » est sous la responsabilité du SDIS 79 (cf. Figure 12 ci-après). Le centre d'incendie et de secours le plus proche est celui de Thouars (environ 6km de la commune de Luzay).

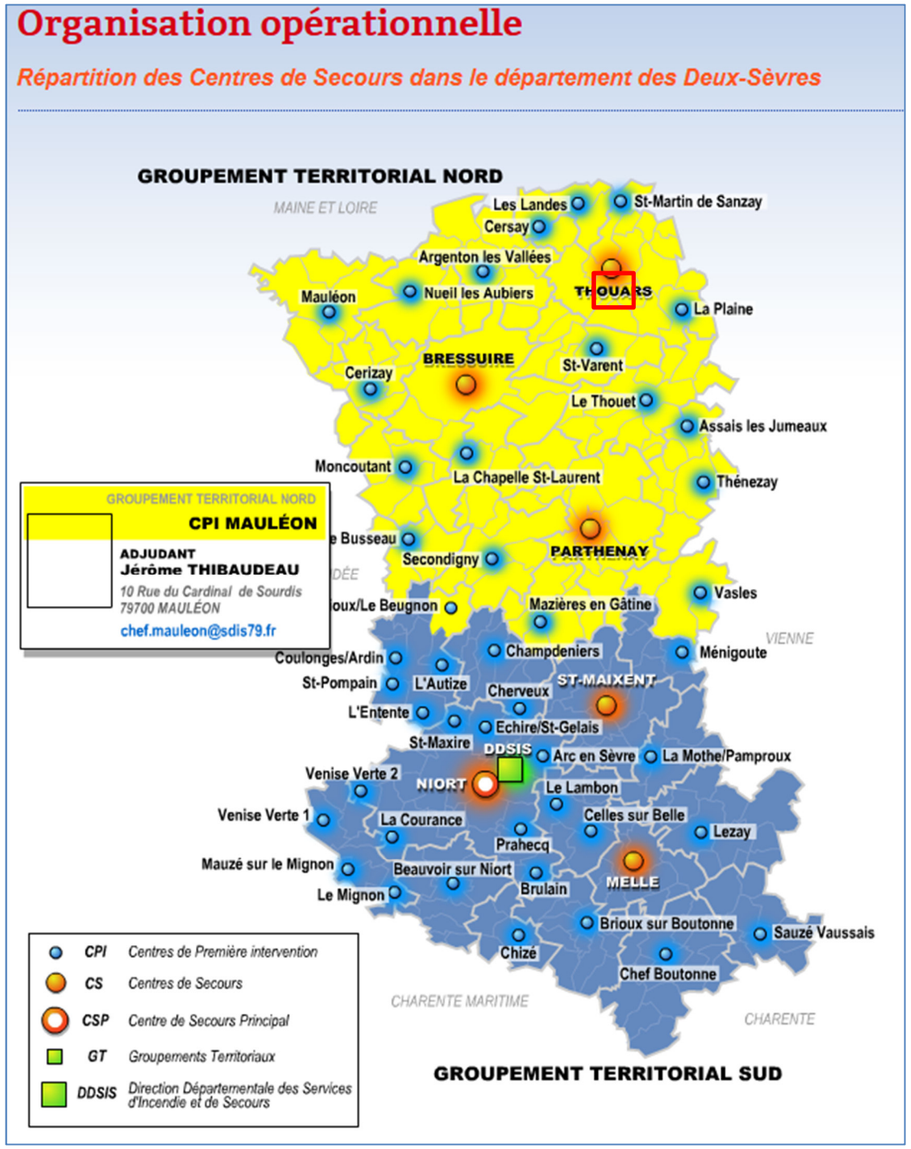


Figure 12 : Géolocalisation des centres d'incendie et de secours les plus proches de la zone d'étude (cadre rouge)
Source : http://www.sdis79.fr/

IV.2.4. CONSIGNES ET PROCÉDURES DE SÉCURITÉ

La présente étude de danger se concentre essentiellement sur les dangers et les accidents potentiels que le parc éolien « Les Pâtis Longs » pourrait causer à des tiers. Par contre, il est essentiel que préalablement à cette problématique, les aérogénérateurs présélectionnés assurent la sécurité des personnels intervenant dans les machines. C'est pourquoi, pour chacune des machines (V112 de Vestas, M114 de Senvion et SWT113 de Siemens) il existe 3 niveaux de prévention et de sécurité. Pour chacun de ces niveaux, un exemple pour l'un des constructeurs sera présenté en annexe 7.

- **Procédure de sécurité et d'urgence**

Tous les aérogénérateurs ont un système d'étiquetage des dangers dans les nacelles et les mats des éoliennes. Cet étiquetage prévient les risques de chutes, d'écrasement d'électrocution et d'incendie dans les machines. De plus, chaque machine est pourvue d'un plan d'évacuation, d'une trousse de premiers secours et d'un panneau indiquant les numéros et lieux des médecins, hôpitaux et urgences les plus proches ainsi que le numéro de la personne responsable à appeler en cas d'urgence.

- **Utilisation et entretien des machines**

Toutes les machines disposent d'un manuel d'utilisation dans chacune des machines indiquant le fonctionnement de l'éolienne et des divers équipements annexes le composant (monte-charge, treuil, ..). De plus, un manuel de maintenance ou guide d'entretien des machines détaillant la nature et la périodicité des travaux de maintenance est également à disposition dans chacune des machines. Enfin, un carnet de visite (log book) est à disposition dans chaque machine. Celui-ci doit être rempli et complété par chaque personne entrant et intervenant dans la machine avec les informations suivantes :

  - Heure d'entrée
  - Heure de sortie
  - Nature de l'intervention
  - Matériel utilisé

- **Consignes de sécurité**

Chaque turbinier met à disposition de l'exploitant un manuel Sécurité Santé au Travail. De plus, lors de la mise en service industriel du parc, un plan de prévention est mis à disposition par l'exploitant et doit être signé et pris en compte par toute entreprise extérieure intervenant dans les turbines.

IV.2.5. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

➢ ***Modalités de maintenance Senvion 3.4M 114 – 3.4MW***

Résumé des opérations de maintenance préventives effectuées sur les aérogénérateurs Senvion 3.4 M114

Contrôles visuels généraux	Système de refroidissement du convertisseur
Pales (vérifications visuelles, relevé des cartes foudre)	Freins d'azimut
Ecrous de pale (serrages)	Roulement d'azimut
Roulements de pale	Mécanisme d'orientation de la nacelle
Système de pitch (orientation de la pale)	Système électrique (câbles / gaines à barre)
Moyeu	Equipement de la tour
Roulement du rotor	Système de contrôle commande et convertisseur
Système de blocage du rotor	Transformateur sec en pied de mât
Multiplicateur	Câbles électriques en haut de mât
Slip ring (collecteur à bagues rotatives)	Cellules HTA
Frein de sécurité actif	Câblage électrique en pied de mât
Accouplement	Fonctions de sécurité
Génératrice	Nettoyage de l'aérogénérateur
Groupe hydraulique	Massif de fondation
	Environnement de l'aérogénérateur

➢ ***Modalités de maintenance Siemens SWT 113 3.2MW***

SWT-3.0 DD *Liste des consommables produits lors des activités de Maintenance*	*Qté*	*Unité*	*Fréquence*
Filtres des armoires électriques	*11*	*pc*	TOUS LES ANS
Filtres des circuits hydrauliques de la machine	*2*	*pc*	TOUS LES ANS
Graisses usagées (roulements de pales et génératrice et couronne d'orientation)	*16*	*kg*	TOUS LES ANS
Tissus de nettoyage (coton)	*3*	*kg*	TOUS LES ANS
Batteries UPS	*8*	*pc*	TOUS LES 3 ANS
Ventilateur du convertisseur de fréquence des engrenages d'orientation	*1*	*pc*	TOUS LES 4 ANS
Huiles (calage, orientation)	*230*	*litres*	TOUS LES 5 ANS
Liquide de refroidissement du convertisseur et génératrice	*230*	*litres*	TOUS LES 7 ANS
Tuyaux de refroidissement du convertisseur	*20*	*m*	TOUS LES 7 ANS
Tuyaux des circuits hydrauliques	*30*	*m*	TOUS LES 10 ANS

➢ ***Modalités de maintenance Vestas de type V112 – 3.45MW***

	Composants	Opérations
Inspection après 3 mois de fonctionnement	Etat général	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
	Moyeu	Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
	Pales	Vérification des roulements et du jeu Vérification des joints d'étanchéité Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bruits anormaux Vérification des bandes paratonnerres
	Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
	Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux et des vibrations Vérification du fonctionnement du système de lubrification Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
	Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification des bruits anormaux Vérification du système de lubrification
	Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
	Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
	Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
	Multiplicateur	Changement d'huile et nettoyage du multiplicateur si nécessaire Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc… Vérification d'absence de fuites au niveau des points de lubrification Vérification des capteurs de débris
	Huile du multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification des composants du bloc hydraulique et des pompes
	Système de freinage	Vérification des étriers, des disques et des plaquettes de freins Inspection des entrées et des sorties de tuyaux
	Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des fuites de liquides de refroidissement et de graisse Lubrification des roulements
	Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification du niveau de liquide de refroidissement
	Vestas Cooler Top™	Vérification boulons
	Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et les pompes
	Onduleur	vérification du fonctionnement de l'onduleur.
	Capteur de vent et balisage aérien	Vérification du bon fonctionnement du balisage aérien et inspection visuelle du capteur de vitesse de vent.
	Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
	Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
	Transformateur	Inspection mécanique et électrique du transformateur
	Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre

**Ces vérifications sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011. Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.*
Les opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

	Composants	Opérations
Inspection après chaque année de fonctionnement	Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
	Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Remplissage du distributeur de graisse
	Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification du câble connectant les bandes anti-foudre Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre
	Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification de la pression des accumulateurs Vérification de la tension des fixations des accumulateurs Vérification des boulons Vérification des pistons des vérins hydrauliques
	Arbre principal	Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Vérification de l'ajustement des capteurs RPM Lubrification des boulons de blocage du rotor
	Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans
	Multiplicateur	Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air tous les 10 ans Remplacement du système de détection de particules tous les 10 ans Vérification des flexibles de drainage. Replacement si nécessaire. Remplacement des flexibles de drainage tous les 10 ans Remplacement des tuyaux tous les 7 ans Inspection des boulons du système d'accouplement entre le multiplicateur et l'arbre principal tous les 4 ans Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse
	Système de freinage	Vérification du câblage des capteurs d'usure et de chaleur Remplacement des plaquettes de freins tous les 7 ans
	Générateur	Vérification du bruit des roulements Vérification du système de graissage automatique Vérification su système de refroidissement
	Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans
	Système hydraulique	Vérification des niveaux d'huile et remplacement si nécessaire Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Changement d'huile selon les rapports d'analyse Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Contrôle des flux et de la pression Vérification de la pression dans le système de frein
	Vestas Cooler Top™	Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres
	Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans
	Capteur de vent et balisage aérien	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent et du bon fonctionnement du balisage.
	Nacelle	Changement des filtres à air Changement des batteries des processeurs
	Tour	Changement des filtres de ventilation contaminés Maintenance de l'élévateur de personnes
	Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur
	Système d'orientation nacelle (Yaw System)	Lubrification de la Couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage
	Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des radiateurs en cas de défaillance
	Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sauvetage Vérification de la date d'inspection des extincteurs Test des détecteurs de fumée (si installés) Vérification du système antichute

IV.2.6. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc « Les Pâtis Longs ».
De plus, une fiche « données / Sécurité » de chaque produits dangereux est fournie par les constructeurs.

IV.3. FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

Dans la carte 9a ci-dessous, l'organisation de l'installation (câbles électriques enterrés) est exposée et ce réseau électrique respecte les normes ICPE en vigueur.

IV.3.1. RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

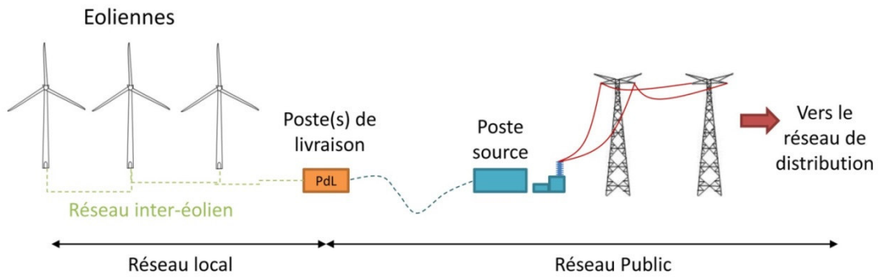


Figure 13 : Raccordement électrique des installations

❖ **Réseau inter-éolien**

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale d'1m.

❖ **Poste de livraison**

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

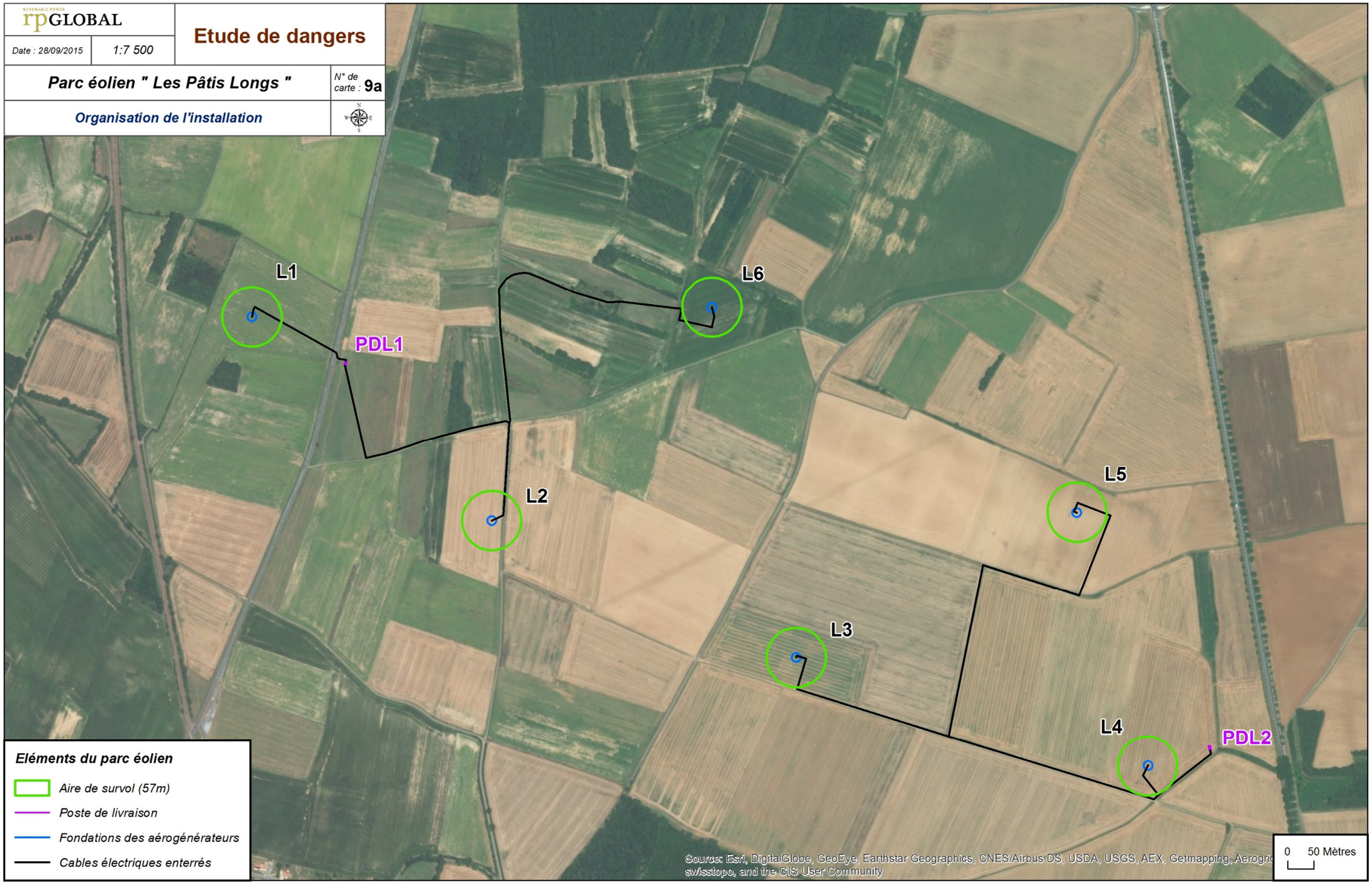
La localisation exacte des emplacements des postes de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

❖ **Réseau électrique externe**

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport ou de distribution d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ENEDIS- GEREDIS dans le cas des Deux Sèvres). Il est lui aussi entièrement enterré.

IV.3.2. AUTRES RÉSEAUX

Le parc éolien « Les Pâtis Longs » ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes respectent la distance par rapport à la canalisation de gaz recommandée par GRT Gaz.



Projection : RGF_1993_Lambert_93
Source : Fonds de cartes ESRI

V. CONFORMITÉ DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES INTERIEURES

Dans le cadre de l'autorisation unique, le projet éolien « Les Pâtis Longs » nécessite une approbation de projet d'ouvrage privé au titre de l'article L.323.11 du code de l'énergie.
L'étude de danger doit donc comporter les éléments justifiant la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur (II de l'art.6 du décret 2014-50)

Le chantier consiste en l'installation de 6 éoliennes avec des mâts de 115 à 119 mètres, des diamètres de rotor de 112 à 114 mètres et une puissance unitaire de 3,2 à 3,45 MW soit une puissance installée totale de 19.2 à 20.7 MW.

Maitre d'ouvrage :	Etablissement secondaire 1 :	Etablissement secondaire 2 :
Parc éolien « Les Pâtis Longs »	Les Pâtis Longs	Pâtis Longs PDL 2
96, Rue Nationale 59000 LILLE	Pâtis Longs, 79100 LUZAY	Le Champ Boisseau, 79100 LUZAY
N° de SIRET : 804 723 989 00021	N° de SIRET : 804 723 989 00047 RCS NIORT	N° de SIRET : 804 723 989 00039 RCS NIORT

Le projet est situé dans le département des Deux-Sèvres (79). Les six éoliennes sont situées sur la commune de Luzay.

Sur le secteur, les gestionnaires de réseaux sont ENEDIS et GEREDIS. GEREDIS gère le poste d'Airvault (20 KV) et une partie de celui de Thouars (15KV). ENEDIS gère l'autre partie du poste de Thouars (qui est en 20 KV). Aux vues des discussions que nous avons eues avec les gestionnaires, nous avons pris l'hypothèse d'un raccordement en 20 KV. Toutefois, si le raccordement devait se faire en 15KV, une demande de modification de l'autorisation au titre du code de l'énergie sera alors demandée.

Conjointement à la mise en œuvre des 6 éoliennes, le projet prévoit :

- La mise en place de 2 postes de livraison (PDL) 20kV pour le raccordement au réseau GEREDIS ou ENEDIS.
- La création de réseaux collecteurs 20kV entre les éoliennes et les postes de livraison et la création des réseaux de fibre optique.
- Tension de service : 20 000 V

V.1. DESCRIPTIF DU RÉSEAU INTERNE DU PARC ÉOLIEN

Le réseau interne au parc éolien est constitué de deux branches :
- PDL « LES PATÎS LONGS 1 » – L1-L2-L6 : 1875 mètres linéaires
- PDL « LES PATÎS LONGS 2 » – L4-L3-L5 : 2560 mètres linéaires

Chacun de ces réseaux est constitué d'un câble HTA triphasé 20kV 150 mm² ou 240 mm² selon les tronçons, une câblette de terre pour la liaison équipotentielle et un fourreau contenant le câble de fibre optique (FO) : Cf. Annexe 9
Les câbles HTA mis en œuvre seront conformes à la norme française C33-226 et seront mis en place conformément aux règles de l'art.

Ces réseaux collecteurs seront raccordés respectivement aux postes de livraison « Les Pâtis Longs 1 » et « Les Pâtis Longs 2 ». Les rames HTA de ces PDL seront composées comme suit :

- **1 cellule d'arrivée** équipée d'un interrupteur-sectionneur.
- 1 cellule de comptage de tension.
- **1 cellule de protection générale** équipée d'un disjoncteur commandé par un relais de protection conforme aux préconisations de gestionnaire de réseau public.
- 2 cellules de protection des transformateurs auxiliaires.
- 2 cellules départ vers les éoliennes.

Dans l'attente de la proposition technique et financière du gestionnaire de réseau, il n'est pas prévu à ce jour la mise en place de dispositif de filtrage du signal TCFM (filtre 175 Hz).

Pour plus de détail sur les réseaux et les postes de livraison, se référer aux schémas unifilaires du parc éolien présentés en Annexe 10 de l'étude de danger :

- « LES PATÎS LONGS - Unifilaire PDL Le LUZAY 1 - Indl du 25/07/2016»
- « LES PATÎS LONGS - Unifilaire PDL Le LUZAY 2 - Indl du 25/07/2016»

V.2. RÉCAPITULATIF DE L'ENFOUISSEMENT DES RÉSEAUX

Le Maître d'Ouvrage prévoit un tracé des réseaux enterrés tel que présenté sur la carte 9a p38.
Ci-dessous, le tableau récapitulatif de l'enfouissement des réseaux établi à partir de ce plan.
Légende :

Commune de Luzay Surligné en jaune : Domaine public de la commune de Luzay – Non surligné : Domaine privé)

Conseil Général des Deux-Sèvres

	Poste de Livraison « Les Patîs Longs 1 »		
Liaison	Position de la tranchée	Longueurs estimatives	Parcelles
PDL1 → L1	En plein champ *Cf Figure 16*	14	AV539
	Traversée de la RD135 par fonçage ou forage dirigé. *Suivant spécifications du gestionnaire du réseau*	11	RD 135
	Accotement de la voirie créée en plein champ pour les besoins du chantier *Cf Figure 16*	200	AV 537
PDL1 → L2	En plein champs *Cf Figure 16*	183	AV539
	Accotement de la voirie existante renforcée pour les besoins du chantier *Cf Figure 14*	281	Chemin Rural dit des Pieds de Thiors
	Traversée de la voirie existante renforcée pour les besoins du chantier *Cf Figure 15*	8	Chemin Rural dit des Pieds de Thiors
	Accotement de la voirie existante renforcée pour les besoins du chantier *Cf Figure 14*	178	Chemin Rural de Thiors à Beaupréau
	En plein champs *Cf Figure 16*	25	ZN65
L2 → L6	En plein champs *Cf Figure 16*	25	ZN65
	Accotement de la voirie existante renforcée pour les besoins du chantier *Cf Figure 14*	450	Chemin Rural de Thiors à Beaupréau
	Accotement de la voirie créée en plein champ pour les besoins du chantier *Cf Figure 15*	475	AV494, AV493, AV492, AV410, AV380

	Poste de Livraison « Les Patîs Longs 2 »		
Liaison	Position de la tranchée	Longueurs estimatives	Parcelles
PDL2 → L4	En plein champ *Cf Figure 16*	7	ZM122, ZM119
	Accotement de la voirie créée pour les besoins du chantier *Cf Figure 14*	130	ZM119
	En plein champ *Cf Figure 16*	70	ZM122
L4 → L3	En plein champs *Cf Figure 16*	70	ZM122
	Accotement de la voirie existante renforcée pour les besoins du chantier *Cf Figure 14*	730	Chemin Rural dit des Charrières
	En plein champs *Cf Figure 16*	83	ZM71
L3 → L5	En plein champs *Cf Figure 16*	83	ZM71
	Accotement de la voirie existante renforcée pour les besoins du chantier *Cf Figure 14*	195	Chemin Rural dit des Charrières
	Accotement de la Route départementale *Suivant spécifications du gestionnaire de voirie*	345	RD 335
	Accotement de la voirie existante renforcée pour les besoins du chantier *Cf Figure 14*	594	Chemin Rural dit de Thiors à Paraillon
	Accotement de la voirie créée pour les besoins du chantier *Cf Figure 14*	253	ZM30, ZM26, ZM29, ZM28

V.3. PROCÉDÉS D'ENFOUISSEMENT ET COUPES TYPES DES TRANCHÉES

Date de début des travaux d'enfouissement : A déterminer en fonction de l'obtention des autorisations

Durée des travaux : 2 mois

Tous les réseaux seront enfouis à 1,20 m profondeurs avec une couverture de 1,10m.
Par défaut, les câbles seront enfouis dans un lit de sable. Si les câbles disposent d'une protection mécanique supplémentaire, et si le terrain le permet, le remblai de la tranchée pourra se faire avec le matériau du site.
Deux grillages avertisseurs seront déroulés 30 cm au-dessus des réseaux : rouge pour signaler le réseau HTA et vert pour signaler le réseau Télécom.

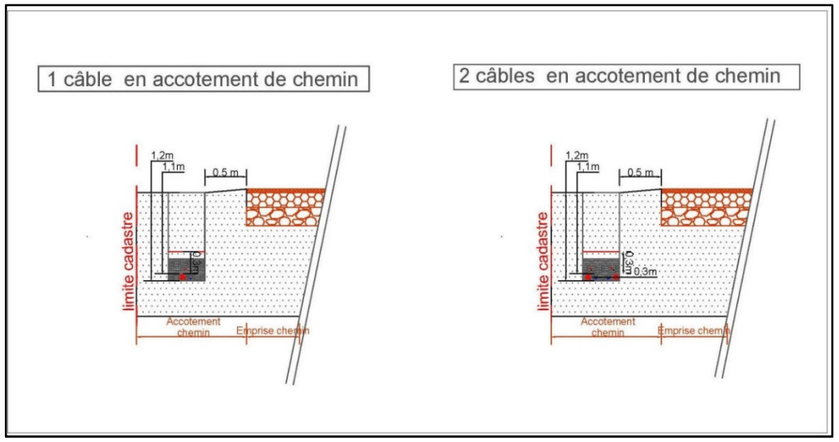


Figure 14 : Vues en coupe – Réseaux intra-parcs en accotement de voierie

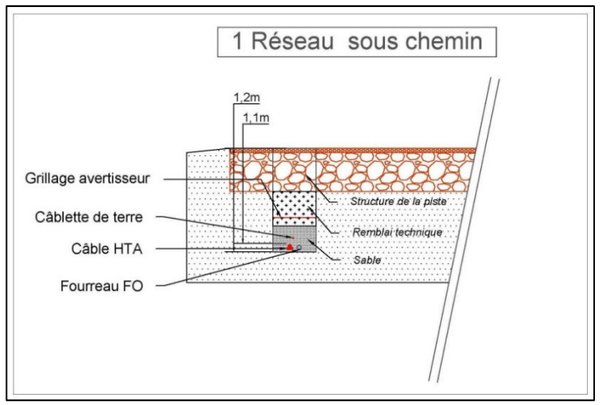


Figure 15 : Vues en coupe – réseaux intra-parcs sous voierie

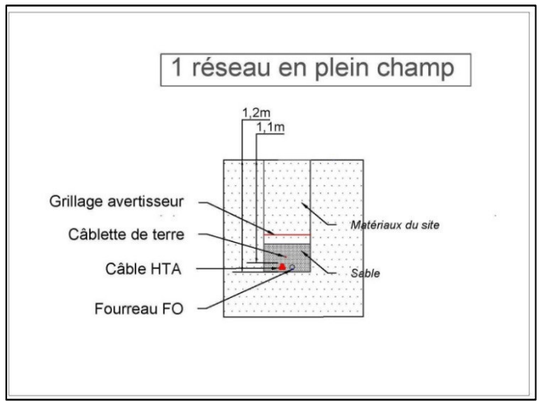


Figure 16 : Vues en coupe – tranchée en plein champs

V.4. OBLIGATIONS DE LA MAITRISE D'OUVRAGE ET DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

- Dans le cadre de la construction de ce parc éolien, le Maître d'Ouvrage réalisera l'ensemble des obligations normatives et juridiques dont :

- La vérification CONSUEL pour l'ensemble de l'installation
- La vérification initiale électrique

Ces deux prestations seront confiées à un bureau de contrôle indépendant.
La Maîtrise d'Ouvrage s'assurera aussi que les réseaux enterrés seront déclarés auprès du guichet unique.

- Au niveau des traversées de chemins, le Maître d'Ouvrage veillera à ce que le remblai soit mis en œuvre dans les règles de l'art pour maintenir la continuité de la bande roulante.

Il veillera également à garantir la bonne évacuation des eaux de façon à ne pas engendrer de stagnation en bordure du chemin d'exploitation.
La signalisation nécessaire sera installée pour garantir la sécurité de la zone pendant les travaux.
L'enfouissement des réseaux sera réalisé en accord avec les exigences de l'arrêté interministériel du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.
Le pétitionnaire s'engage à respecter les obligations lui incombant au titre du code de l'énergie, à savoir le contrôle technique initial et l'enregistrement au système d'information visés respectivement aux articles R. 323-30 et R. 323-29 du code précité.

VI. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

VI.1. POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien « Les Pâtis Longs » sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

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

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien « Les Pâtis Longs » sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

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

VI.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PRÉVENTIVES

Une distance minimale d'environ 622m autour des habitations est respectée pour l'emplacement des installations.
L'installation d'un mât de mesure anémométrique a été installée sur la zone d'étude du parc éolien « Les Pâtis Longs » (depuis Septembre 2013).
L'extrapolation des données de ce mât de mesures a permis de confirmer qu'il s'agit bien d'un territoire au bon potentiel éolien.
Les différentes études réalisées justifient l'implantation des installations sur le parc éolien « Les Pâtis Longs ».
Plusieurs expertises ont été réalisées (Cf. Etude d'impact, expertises acoustique et visuelle) afin de choisir un modèle adapté à ce projet.
Ces modèles d'aérogénérateurs sont en conformité avec la réglementation ICPE en associant puissance et efficacité acoustique.
L'ensemble de ces caractéristiques garantit une sécurité optimale de l'installation.

VI.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

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

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

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

VII. ANALYSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

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

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

VII.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004)
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens
- Site Internet de l'association « Vent de Colère »
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable »
- Articles de presse divers
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France

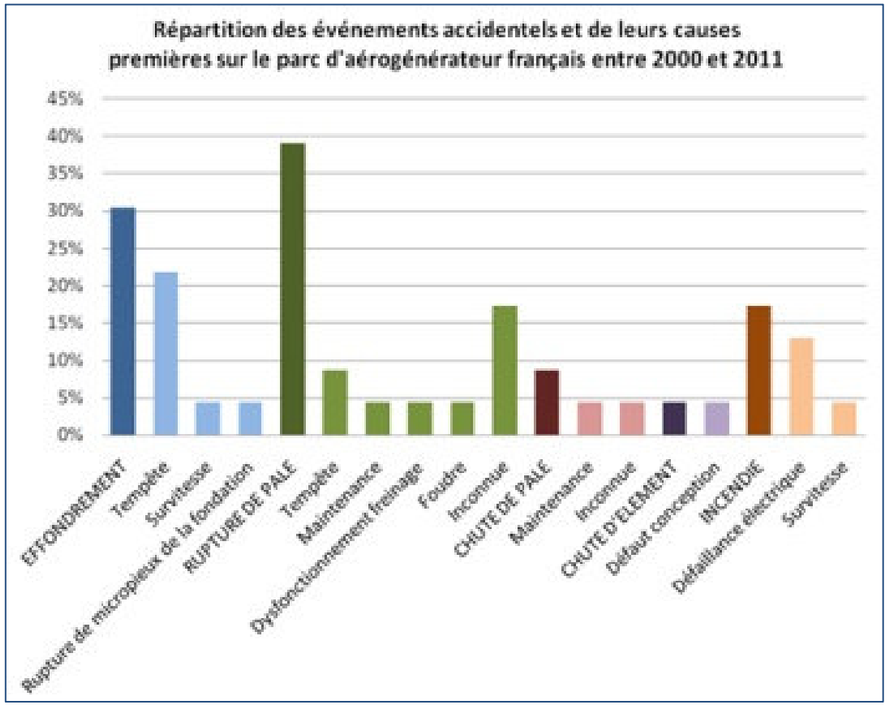
Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe).

Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.
Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

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

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



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

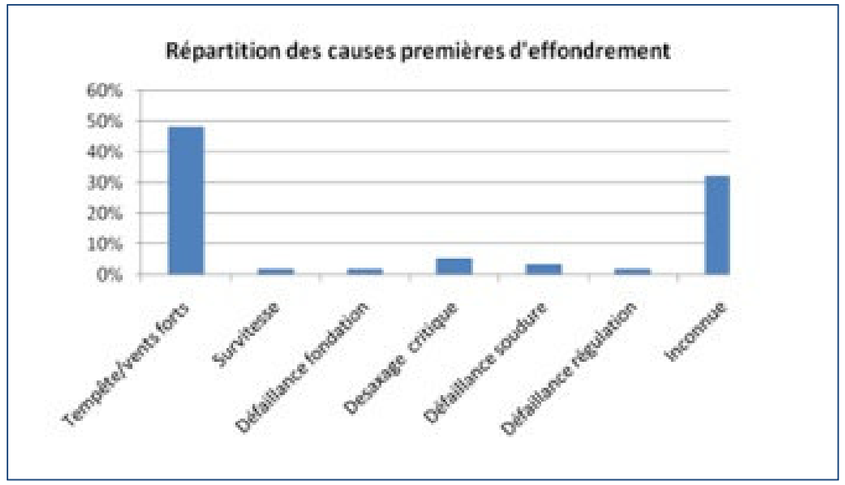
VII.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

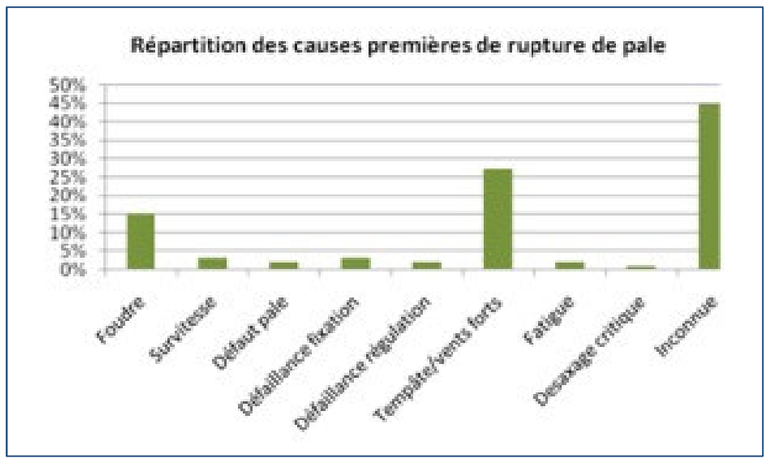
Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisés. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

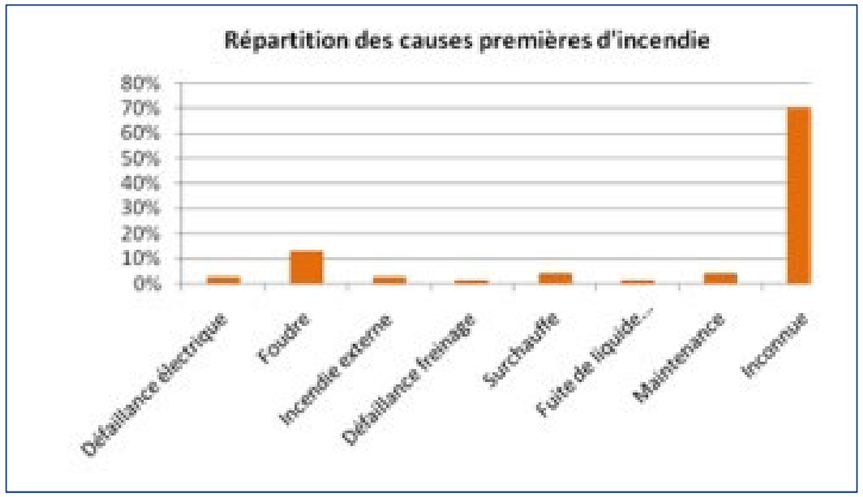
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des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

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

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

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

VII.3.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

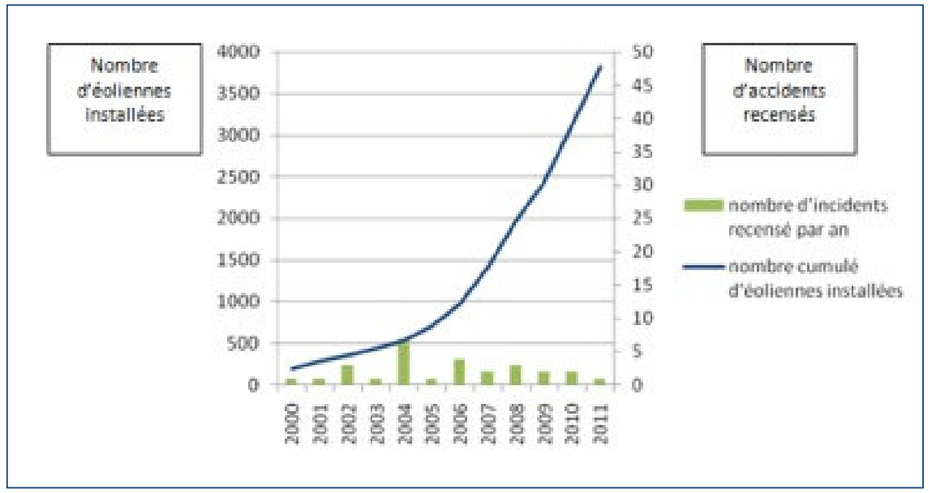


***Figure 17 : Evolution du nombre* d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées**
On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant

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

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

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

VII.4. 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).

- *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.

VIII. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

VIII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

VIII.2. RECENSEMENT DES ÉVÉNEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

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

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

VIII.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

VIII.3.1. AGRESSION EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Parc éolien « Les Pâtis Longs »					***Distance par rapport au mât des éoliennes***					
Infrastructure	***Fonction***	***Evénement redouté***	***Danger potentiel***	***Périmètre***	***L1***	***L2***	***L3***	***L4***	***L5***	***L6***
Voies de circulation (chemins agricoles)	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200m	129m	24m	59m	60m	62m	61m
Route départementale 135	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200m	181m					
Route départementale 335	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200m			182m			
Route départementale 938	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200m						
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000m						
Lignes THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200m						
Autres aérogénérateurs (L1 à L6 non comprises)	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500m						

VIII.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	Les rafales maximales de vent mesurées sur les trente dernières années par Météo France à Poitiers s'échelonnent entre 25 et 39 m/s à 10 m. L'épisode du 27 décembre 1999 fut exceptionnel : la vitesse du vent a atteint 39 m/s à 10 m.
Foudre	Moins de 0,5 impact/km² = Impact faible
Glissement de sols/ affaissement miniers	Cf. III2.2.
Séisme	Risque modéré (cf. III 2.2) : Séismes de 4.9 et 3.9 en 2016

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 ci-après.

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

Concernant la tenue au vent des éoliennes, les 3 modèles d'aérogénérateurs sont certifiés IEC II A et peuvent donc résister à des rafales extrêmes de 59.5 m/s soit plus de 200 km/h (voir tableau récapitulatif ci-dessous)
Pour rappel, la vitesse de vent moyenne à 120m sur le site de Luzay est de 6.9m.s-1

Classe WTG (wind turbine generator)	I	II	III	IV
Vref (m/s)	50	42,5	37,5	30
Vave (m/s)	10	8,5	7,5	6
V50 (m/s)	70	59,5	52,5	42

Vref = vitesse max (moyenne 10 minutes à la hauteur de moyeu)
Vave = vitesse moyenne annuelle à la hauteur du moyeu
V50 = vitesse de vent extrême (pendant 3 secondes) avec un intervalle d'occurrence d'une fois tous les 50 ans, à la quelle l'éolienne peut être soumise.

Les éoliennes sont donc conçues et dimensionnées pour résister aux contraintes mécaniques extrêmes exercées par le vent.
Il faut noter également que les niveaux de sismicité observés en Europe n'entrainent pas de contraintes mécaniques supérieures à celles liées aux vents extrêmes, même dans les zones les plus sensibles d'Europe (Italie, Turquie).
Toutes les mesures techniques et mécaniques sont respectées afin de répondre à ces agressions externes.

VIII.4. SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

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

VIII.5. EFFETS DOMINOS

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

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique 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 ».

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

VIII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc.		
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		

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-b
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur la nacelle.		
Description	Un Système est composé d'une sonde vibratoire installée sur la nacelle, permettant d'alerter les opérateurs dès que l'accumulation de glace dépasse un certain niveau. Ce dispositif détecte la formation de glace sur la nacelle, et donc par déduction sur les pales. Lorsqu'il y a détection, la mise à l'arrêt de la turbine est automatique ou manuelle, après vérification de la glace formée, selon le type de configuration demandé.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le système de détection est supervisé par les contrôleurs de la machine. Un warning est envoyé via le SCADA en cas de défaut => maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-c
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur les pales, développé par un fabricant spécialisé		
Description	Ce dispositif est constitué de capteurs de température et d'accéléromètres installés sur les pales et reliés à un serveur de collecte des données. Le dispositif est alors couplé avec le système SCADA qui met la turbine à l'arrêt en cas de détection de formation de glace sur les pales.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Testé à la mise en service. Surveillance continue des données, via le serveur du fabricant. Déviation des fréquences des pâles supervisées en permanence.		
Maintenance	Vérification annuelle conformément au manuel du fabricant.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-a
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).		
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	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-b
Mesures de sécurité	Système de dégivrage des pales.		
Description	Ce système fonctionne par pulsation d'air chaud sur les pales. Le système de chauffage est couplé avec le système de déduction de la formation de glace. (Voir cas 1)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	/		
Efficacité	En développement (pas la nécessité dans la région ou se situe le projet)		
Tests	NA		
Maintenance	/		

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

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute 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.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
Mesures de sécurité	Détection de survitesse du générateur		
Description	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min 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. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	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	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
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.		

Fonction de sécurité	**Prévenir les effets de la foudre**	**N° de la fonction de sécurité**	**6**
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	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	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	**Protection et intervention incendie**	**N° de la fonction de sécurité**	**7**
Mesures de sécurité	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) Plan d'intervention avec le SDIS		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme 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	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
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 fabriquant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	**Prévention et rétention des fuites**	**N° de la fonction de sécurité**	**8**
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution + Bacs de rétention Capteurs au niveau du circuit de refroidissement		
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	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance.		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	**Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)**	**N° de la fonction de sécurité**	**9**
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. 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.		

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
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 pâles) 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.		
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.		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		

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

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, 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.

VIII.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/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. 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 inexistants du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.

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.

IX. ETUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

IX.1. RAPPEL DES DÉFINITIONS

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de 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.

IX.1.1. CINÉTIQUE

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

IX.1.2. INTENSITÉ

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]).

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

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

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

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

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

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

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

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

IX.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 »

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 1. Cette méthode se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées.

IX.1.4. PROBABILITÉ

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

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

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 :

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

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

$P_{orientation}$ = 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)

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

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

IX.2. CARACTÉRISATION DES SCÉNARIOS RETENUS

Dans le cadre de l'étude de danger du parc éolien « Les Pâtis Longs », trois types d'aérogénérateurs vont faire l'objet d'une étude détaillée des risques.
Les aérogénérateurs retenus pour l'étude sont les suivants :

- SENVION : Modèle M114 - 3.4MW
- VESTAS : Modèle V112 - 3.45MW
- SIEMENS : Modèle SWT113 - 3.2MW

Type d'éoliennes à l'étude	*Hauteur de moyeu (H1)*	*Hauteur mât + Nacelle (H)*	*Hauteur totale en bout de pale (H2)*	*Diamètre de rotor (D)*	*Longueur de pale (R)*	*Largeur de mât (L)*	*Largeur de base de la pale (LB)*
SENVION M114 – 3.4MW	119m	121.1m	176m	114m	55.8m	4.3m	4m
VESTAS V112 – 3.45MW	119m	120.9m	175m	112m	54.65m	4.3m	4m
SIEMENS SWT113 – 3.2MW	115m	117m	171.5m	113m	55m	4.5m	4.2m

IX.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 *176* m dans le cas des éoliennes (cas majorant) du parc « Les Pâtis Longs ».

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

❖ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien « Les Pâtis Longs ».

Types d'éoliennes	**Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)**			
	Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
SENVION M114	*(H) x L + 3*R*LB/2*	π x (H+R) ²		
	885.5	98262	< 1% (0,90%)	Exposition modérée
VESTAS V112	*(H) x L + 3*R*LB/2*	π x (H+R) ²		
	847.8	*96768*	< 1% (0,88%)	Exposition modérée
SIEMENS SWT113	*(H) x L + 3*R*LB/2*	π x (H+R) ²		
	873	*92894*	< 1% (0,94%)	Exposition modérée

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

❖ **Gravité**

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

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

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

Parc éolien « Les Pâtis Longs »		
Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
L1	< 1	Sérieux
L2	< 1	Sérieux
L3	< 1	Sérieux
L4	< 1	Sérieux
L5	< 1	Sérieux
L6	< 1	Sérieux

Aucune variation de la « Gravité » selon le modèle d'aérogénérateur choisi.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en annexe 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.
Dans le périmètre délimité par la hauteur de chute de l'éolienne, le terrain est aménagé et peu fréquenté. Pour une éolienne d'une hauteur en bout de pale de 176m (pour les 3 modèles d'aérogénérateur), le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1 (« 0,9 personne » environ).
La gravité sera donc considérée comme « Sérieuse » pour les éoliennes L1 à L6.

❖ **Probabilité**

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

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience[1], 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 : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

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

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées.

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

Parc éolien « Les Pâtis Longs »		
Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
L1	Sérieux	Acceptable
L2	Sérieux	Acceptable
L3	Sérieux	Acceptable
L4	Sérieux	Acceptable
L5	Sérieux	Acceptable
L6	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien « Les Pâtis Longs », le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes (pour les 3 modèles d'aérogénérateur).

IX.2.2. CHUTE DE GLACE

❖ **Considérations générales**

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

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

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

❖ **Zone d'effet**

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien « Les Pâtis Longs », la zone d'effet à donc un rayon = (D/2) 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 « Les Pâtis Longs ». Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale, SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m^2).

Types d'éoliennes	**Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)**			
	Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
SENVION M114	$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	1	9637	< 1% (0.01%)	Exposition modérée
VESTAS V112	$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	1	*9378*	< 1% (0.01%)	Exposition modérée
SIEMENS SWT113	$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	1	*9498*	< 1% (0.01%)	Exposition modérée

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- 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 :

Parc éolien « Les Pâtis Longs »		
Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
L1	< 1	Modérée
L2	< 1	Modérée
L3	< 1	Modérée
L4	< 1	Modérée
L5	< 1	Modérée
L6	< 1	Modérée

Dans le périmètre délimité par la zone de survol de l'éolienne, le terrain est aménagé et peu fréquenté.
Pour une éolienne d'une longueur de pale inférieure à 100 m (pour les 3 modèles d'aérogénérateur), le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1.
La gravité sera donc « Modérée ».

❖ **Probabilité**

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

❖ **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1.

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

Parc éolien « Les Pâtis Longs »		
Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
L1	Modérée	Acceptable
L2	Modérée	Acceptable
L3	Modérée	Acceptable
L4	Modérée	Acceptable
L5	Modérée	Acceptable
L6	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien « Les Pâtis Longs », 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.

IX.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 détaillé 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 « Les Pâtis Longs ». d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale et LB la largeur de la base de la pale.

Types d'éoliennes	**Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)**			
	Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
SENVION M114	$Z_I = R*LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	111.6	9637	1.16% (1% < x < 5%)	Exposition forte
VESTAS V112	$Z_I = R*LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	109.3	*9378*	1.17% (x<1%)	Exposition forte
SIEMENS SWT113	$Z_I = R*LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	115.5	*9498*	1.22% (x<1%)	Exposition forte

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, dans la zone de survol de l'éolienne :
Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments et la gravité associée :

Parc éolien « Les Pâtis Longs »		
Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
L1	< 1	Sérieux
L2	< 1	Sérieux
L3	< 1	Sérieux
L4	< 1	Sérieux
L5	< 1	Sérieux
L6	< 1	Sérieux

Il est à noter que pour le parc « Les Pâtis Longs », la zone de survol de l'éolienne est un terrain aménagé et peu fréquenté (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).
Pour une éolienne d'une longueur de pale inférieure à 100 m (3 modèles d'aérogénérateur), le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1. Le niveau de gravité sera donc « Sérieux ».

❖ **Probabilité**

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10^{-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 » : « *Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

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

❖ **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet.

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

Parc éolien « Les Pâtis Longs »		
Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
L1	Sérieux	Acceptable
L2	Sérieux	Acceptable
L3	Sérieux	Acceptable
L4	Sérieux	Acceptable
L5	Sérieux	Acceptable
L6	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien « Les Pâtis Longs », le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes (pour les 3 modèles d'aérogénérateur).

IX.2.4. PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

❖ **Zone d'effet**

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

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

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

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

❖ **Intensité**

Pour le phénomène de projection de pales ou de fragments de pales, 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 projection de pales de l'éolienne dans le cas du parc éolien « Les Pâtis Longs ». d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale et LB la largeur de la base de la pale.

Types d'éoliennes	**Projection de pales ou de fragments de pales (zone de 500 m autour de chaque éolienne)**			
	Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
SENVION M114	$Z_I = R*LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	111.6	785191	0.014% (< 1%)	Exposition modérée
VESTAS V112	$Z_I = R*LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	109.3	785191	0.014% (< 1%)	Exposition modérée
SIEMENS SWT113	$Z_I = R*LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I/Z_E$	
	115.5	785191	0.015% (< 1%)	Exposition modérée

❖ **Gravité**

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

- Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »

- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

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

Parc éolien « Les Pâtis Longs »		
Projection de pales ou de fragments de pales (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	*Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)*	*Gravité*
L1	16	Important
L2	13	Important
L3	8	Sérieux
L4	26	Important
L5	24	Important
L6	8	Sérieux

Il est à noter que pour le parc « Les Pâtis Longs », la zone d'effet est constituée de terrains aménagés et peu fréquentés (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 10 (8 personnes) pour les éoliennes L3 et L6.
Le niveau de gravité sera donc « Sérieux ».
Pour L1 : 957m de linéaire de route (D135 = 2091 Véhicules / j) compris dans la zone d'effet ce qui correspond à 8 personnes exposées sur cette voie de communication structurante. Au total, 16 personnes exposées dans la zone d'effet.
Pour L2 : 606m de linéaire de route (D135 = 2091 Véhicules / j) compris dans la zone d'effet ce qui correspond à 5 personnes exposées sur cette voie de communication structurante. Au total, 13 personnes exposées dans la zone d'effet.
Pour L4 : 859m de linéaire de route (D938 = 5906 Véhicules / j) compris dans la zone d'effet ce qui correspond à 18 personnes exposées sur cette voie de communication structurante. Au total, 26 personnes exposées dans la zone d'effet.
Pour L6 : 788m de linéaire de route (D938 = 5906 Véhicules / j) compris dans la zone d'effet ce qui correspond à 16 personnes exposées sur cette voie de communication structurante. Au total, 24 personnes exposées dans la zone d'effet.
Le niveau de gravité sera donc « Important ».

❖ **Probabilité**

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

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

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

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

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

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

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

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.)

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

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

❖ **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque types d'aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet.

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

Parc éolien « Les Pâtis Longs »		
Projection de pales ou de fragments de pales (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	*Gravité*	*Niveau de risque*
L1	Important	Acceptable
L2	Important	Acceptable
L3	Sérieux	Acceptable
L4	Important	Acceptable
L5	Important	Acceptable
L6	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien « Les Pâtis Longs », le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes (pour les 3 modèles d'aérogénérateur).

IX.2.5. PROJECTION DE GLACE

❖ **Zone d'effet**

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

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

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

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

Parc éolien « Les Pâtis Longs »						
Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)						
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Type de terrain	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés
Surface de terrain (ha)	25	25	25	25	25	25
Nombre de personnes exposées selon le type de terrain (arrondi au chiffre supérieur)	3	3	3	3	3	3
Voie de circulation structurante	D135 2091 Véh. / j	/	/	D938 5906 Véh. / j	/	/
Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)	450m	/	/	224m	/	/
Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic	4	/	/	4	/	/
Nombre total de personnes permanentes	**7**	**3**	**3**	**7**	**3**	**3**
Gravité	**Sérieux**	**Sérieux**	**Sérieux**	**Sérieux**	**Sérieux**	**Sérieux**

❖ **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 « Les Pâtis Longs ».
d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale, H1 la hauteur au moyeu, et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Types d'éoliennes	**Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)**			
	Zone d'impact en m²	*Zone d'effet du phénomène étudié en m²*	*Degré d'exposition du phénomène étudié en %*	*Intensité*
SENVION M114	Z_I= SG	$ZE = \pi \times 1{,}5*(H1+2*R)^2$	$d=Z_I/Z_E$	
	1	250461	4 x 10-4 (< 1%)	*Exposition modérée*
VESTAS V112	Z_I= SG	$ZE = \pi \times 1{,}5*(H1+2*R)^2$	$d=Z_I/Z_E$	
	1	*245489*	4 x 10-4 (< 1%)	*Exposition modérée*
SIEMENS SWT113	Z_I= SG	$ZE = \pi \times 1{,}5*(H1+2*R)^2$	$d=Z_I/Z_E$	
	1	*238444*	4 x 10-4 (< 1%)	*Exposition modérée*

❖ **Gravité**

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

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

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

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