

NEOEN



PROJET EOLIEN DE LARGEASSE

Procédés de fabrication

Juillet 2018



EREA INGENIERIE

10, place de la République - 37190 Azay-le-Rideau

Tel : 02 47 26 88 16 - Fax : 02 47 26 88 16

E-mail : contact@erea-ingenierie.com

<http://www.erea-ingenierie.com>

SOMMAIRE

1. Description generale et localisation du parc eolien de LARGEASSE.....	4
1.1. Le modèle d'éolienne	6
1.2. Les équipements annexes.....	7
1.2.1. Le poste de livraison	7
1.2.2. Les réseaux de raccordement.....	7
1.2.3. Les voies d'accès et plateformes de levage	7
2. Les grandes étapes de la vie d'un parc éolien.....	10
2.1. La construction du parc éolien.....	10
2.1.1. Séquence de travaux	10
2.1.2. Installations temporaires	10
2.1.3. Aménagement et création des accès et des plateformes	11
2.1.4. Réalisation des fondations	11
2.1.5. Réalisation des réseaux électriques.....	12
2.1.6. Montage des éoliennes	13
2.2. L'exploitation du parc éolien	13
2.2.1. Production et régulation	13
2.2.2. Maintenance programmée.....	14
2.2.3. Communication et interventions non programmées.....	15
2.3. Démantèlement du parc éolien.....	15
2.3.1. Démantèlement du parc éolien.....	15
2.3.2. Démantèlement du poste de livraison	16
2.3.3. Démantèlement du réseau de raccordement.....	16
2.3.4. Démantèlement des fondations.....	16
2.3.5. Remise en état du site.....	17
2.3.6. Recyclage des déchets	17
2.4. Garanties financières pour le démantèlement	18
3. Identification des potentiels de dangers de l'installation.....	19
3.1. Potentiels de dangers liés aux produits	19
3.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	19
3.1. Réduction des potentiels de dangers à la source	20
3.1.1. Réduction des dangers liés aux produits.....	20
3.1.2. Réduction des dangers liés aux installations.....	20
3.1.3. Utilisation des meilleures techniques disponibles	20

1. DESCRIPTION GENERALE ET LOCALISATION DU PARC EOLIEN DE LARGEASSE

Les caractéristiques techniques du parc éolien de Largeasse seront les suivantes :

- Il est composé de 6 éoliennes de 2,4 MW pour une puissance totale installée de 14,4 MW. Le modèle d'éolienne retenu n'est pas encore déterminé. Cependant, les éoliennes seront semblables, par leurs dimensions et leur fonctionnement, aux N117 de la marque Nordex, dont les principales caractéristiques sont les suivantes :
 - ✓ Hauteur mât + nacelle : 94 mètres
 - ✓ Diamètre du rotor : 117 mètres
 - ✓ Hauteur totale en bout de pale : 150 mètres
 - ✓ Hauteur minimale en bas de pale : 33 mètres
- La production du parc éolien de Largeasse devrait atteindre environ **33 600 MWh/an** (production nette, tenant compte des pertes par effet de sillage, des mesures de bridage et de la densité de l'air) ;
- Le raccordement électrique entre les éoliennes sera enterré et elles seront reliées au poste de livraison électrique situé sur la parcelle AD1 en bordure de la RD 140 ;
- Le raccordement électrique enterré public (ENEDIS) se fera à partir du poste de livraison du parc vers le poste source de Moncutant situé à environ 4 km à l'ouest du projet le long de la RD140. L'itinéraire et les modalités précises de ce dernier sont entièrement à la charge d'ENEDIS.

Le schéma suivant représente un parc éolien et ces principaux éléments.

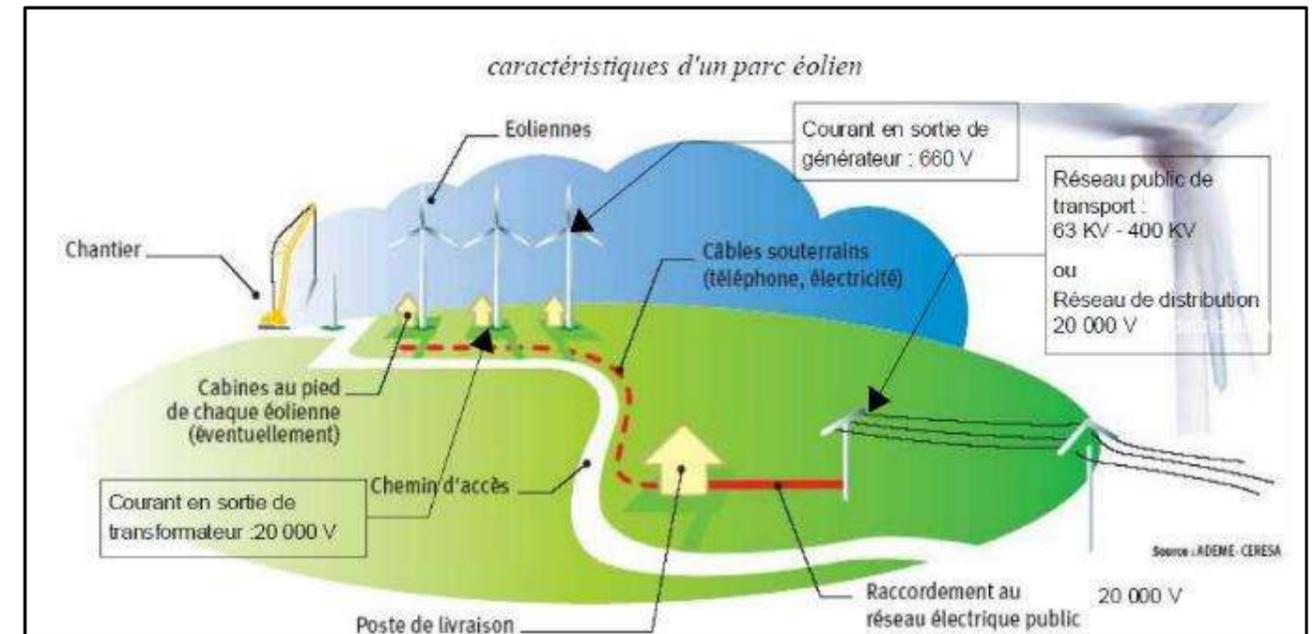


Figure 1 : Schéma électrique d'un parc éolien (source : ADEME)

1.1. LE MODELE D'EOLIENNE

Les 6 éoliennes proposées dans le cadre du projet seront de gabarit type N 117 (Nordex), le chiffre suivant la lettre correspondant au diamètre du rotor.

Les éoliennes auront une hauteur totale de 150 m en bout de pale (94 m de hauteur pour le mât+nacelle et 58.5 m de longueur de pale). L'ensemble aura une hauteur maximale de 150 m et auront une puissance de 2,4 MW unitaire.



PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	
ROTOR	Le rotor est composé de trois pales en polyester renforcé de fibres de verre, d'un moyeu, de couronnes pivotantes et d'entraînement qui permettent le réglage des pales. Un système de pitch limite et optimise la puissance. Le rotor à vitesse de rotation variable augmente le rendement aérodynamique et réduit les contraintes de vent sur l'installation. Le système de pitch peut être arrêté dans la position voulue grâce à un dispositif d'arrêt innovant.
TRAIN D'ENTRAÎNEMENT	Le train d'entraînement est composé de l'arbre du rotor, du multiplicateur, d'un couplage élastique et de la génératrice.
MULTIPLICATEUR	Outre le multiplicateur planétaire à deux niveaux avec roue cylindrique, vous pouvez également choisir un multiplicateur différentiel. Le refroidissement du multiplicateur se fait via un circuit de refroidissement à capacité de refroidissement graduelle. Les roulements du multiplicateur et les engrenages sont lubrifiés en permanence.
GENERATRICE	La génératrice est de type asynchrone à double alimentation. Depuis plusieurs années, Nordex emploie ce type de génératrice sur les installations à rotation variable. Avantage essentiel : seuls 25 à 30 pour cent de l'énergie produite ont besoin d'un convertisseur pour être injectés dans le réseau électrique. L'intégration de ce système de génératrice/convertisseur permet de diminuer les coûts généraux de l'installation éolienne.
REFROIDISSEMENT ET FILTRATION	Le multiplicateur, la génératrice et le convertisseur de l'éolienne disposent de systèmes de refroidissement actifs indépendants. Le refroidissement de la génératrice et du convertisseur se fait par des circuits d'eau, alors que le multiplicateur est refroidi par un circuit d'huile. On obtient ainsi des températures optimales de fonctionnement, quelles que soient les conditions météorologiques.

SYSTEME DE FREINAGE	Les trois pales de rotor redondantes et commandées indépendamment peuvent être placées complètement à la transversale de la direction de rotation, jouant ainsi le rôle de frein aérodynamique. En outre, le frein hydraulique à disque assiste le processus de freinage en cas d'arrêt d'urgence.
NACELLE	La nacelle est composée d'un châssis en fonte, d'un support de génératrice soudé, d'une armature métallique pour la grue et pour le support du bâti de la cabine en plastique renforcé de fibres de verre. Sa conception ergonomique et spacieuse facilite l'entretien.
SYSTEME D'ORIENTATION	La direction du vent est mesurée en permanence par deux girouettes redondantes situées au niveau du moyeu. Si l'écart admissible est dépassé, la nacelle est orientée à l'aide de quatre moteurs à train d'engrenages.
TOUR	La tour en acier tubulaire a été conçue et certifiée comme une tour modulaire. Pour le développement des éléments de la tour (accès, échelle, plateformes, dispositifs de sécurité), les exigences de la norme EN 50308 ont été prises en compte. Le transformateur peut être placé à l'intérieur ou à l'extérieur de la tour. Nordex propose la N100 avec des tours tubulaires en acier ou avec des tours hybrides béton-acier, de 60 à 140 mètres de haut.
COMMANDE ET RACCORDEMENT AU RESEAU	L'éolienne dispose de deux anémomètres. Le premier est utilisé pour la commande, tandis que le second sert de contrôle du premier. Un écran de contrôle situé au niveau de l'armoire électrique (ou par un ordinateur portable) permet d'examiner toutes les données d'exploitation et de commander plusieurs fonctions. La transmission des données et signaux pour la surveillance à distance est réalisée via une connexion RNIS.
PROTECTION CONTRE LA Foudre	La protection contre la foudre et les surtensions de l'ensemble de l'installation est conforme au concept de zones de protection contre la foudre et répond à la norme DIN EN 62305.

1.2. LES EQUIPEMENTS ANNEXES

1.2.1. LE POSTE DE LIVRAISON

Le poste de livraison matérialise le point de raccordement du parc au réseau public d'électricité.

Un poste de livraison est composé de 2 ensembles :

- une partie « électrique de puissance » où l'électricité produite par l'ensemble des éoliennes est livrée au réseau public d'électricité avec les qualités attendues (Tension, Fréquence, Phase) et où des dispositifs de sécurité du réseau permettent à son gestionnaire (ENEDIS ou RTE) de déconnecter instantanément le parc en cas d'instabilité du réseau ;
- une partie supervision où l'ensemble des paramètres de contrôle des éoliennes sont collectés dans une base de données, elle-même consultable par l'exploitant du parc.

Un poste électrique standard permet de raccorder une puissance autour de 17 MW environ au réseau ENEDIS. Au-delà de cette puissance, l'injection de l'électricité produite par le parc éolien se fait en HTB (63 000 Volts) et nécessite ainsi la création d'un nouveau poste source.

Dans le cas du présent projet, un seul poste de livraison est prévu pour recevoir la production de ce parc de 6 éoliennes de 2,4 MW unitaire.

Il sera situé sur la parcelle AD1 en bordure de la RD140, sur la même parcelle que l'éolienne E6.



[Figure 3 : Exemple de poste de livraison](#)

1.2.2. LES RESEAUX DE RACCORDEMENT

Il existe des réseaux électriques enterrés entre les éoliennes et le poste de livraison (réseaux internes) entre le poste de livraison et le poste source (réseaux externes) appartenant au réseau public d'électricité.

Ces réseaux sont généralement constitués de 3 câbles (un par phase) d'une tension de 20 000 Volts. Ils sont systématiquement enterrés à environ un mètre de profondeur.

Les réseaux internes sont préférentiellement réalisés au droit ou en accotement des chemins d'accès.

Afin d'optimiser les travaux, le réseau de fibres optiques permettant la supervision et le contrôle des éoliennes à distance est inséré dans les tranchées réalisées pour le réseau électrique interne.

1.2.3. LES VOIES D'ACCES ET PLATEFORMES DE LEVAGE

Les voies et plateformes de levage sont utilisées lors du chantier pour transporter les éléments d'éoliennes à l'endroit où elles doivent être construites ainsi que les engins de construction, les toupies de béton pour la fondation, les grues de montages.

Ces aménagements sont conservés pendant l'exploitation de l'installation afin de pouvoir intervenir sur les éoliennes à tout moment à des fins de sécurité ou de maintenance.

Le projet s'appuie préférentiellement sur le réseau de voiries et de chemins existants. Etant donné le tonnage et les dimensions des engins de transport livrant les composants d'éoliennes, ceux-ci pourront être renforcés et aménagés.

Les pistes d'accès devront respecter les prescriptions définies par le constructeur d'éoliennes qui sera choisi. De façon générale, elles devront donc :

- être planes,
- avoir des accotements dégagés d'obstacles,
- avoir une pente limitée,
- avoir des virages au rayon de giration important (de l'ordre de 40 m) pour autoriser le passage des engins transportant les pales et les sections de tour d'éolienne.

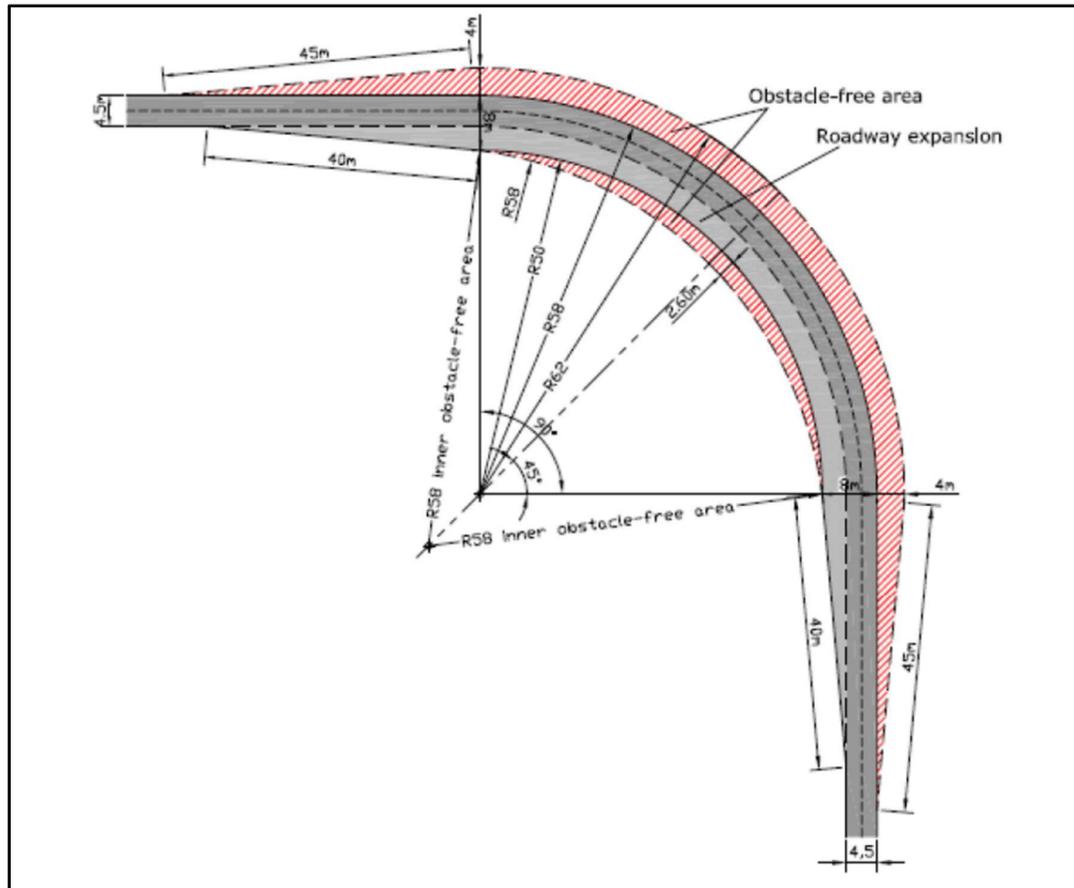


Figure 4 : Schéma de principe d'un aménagement de virage à 90°

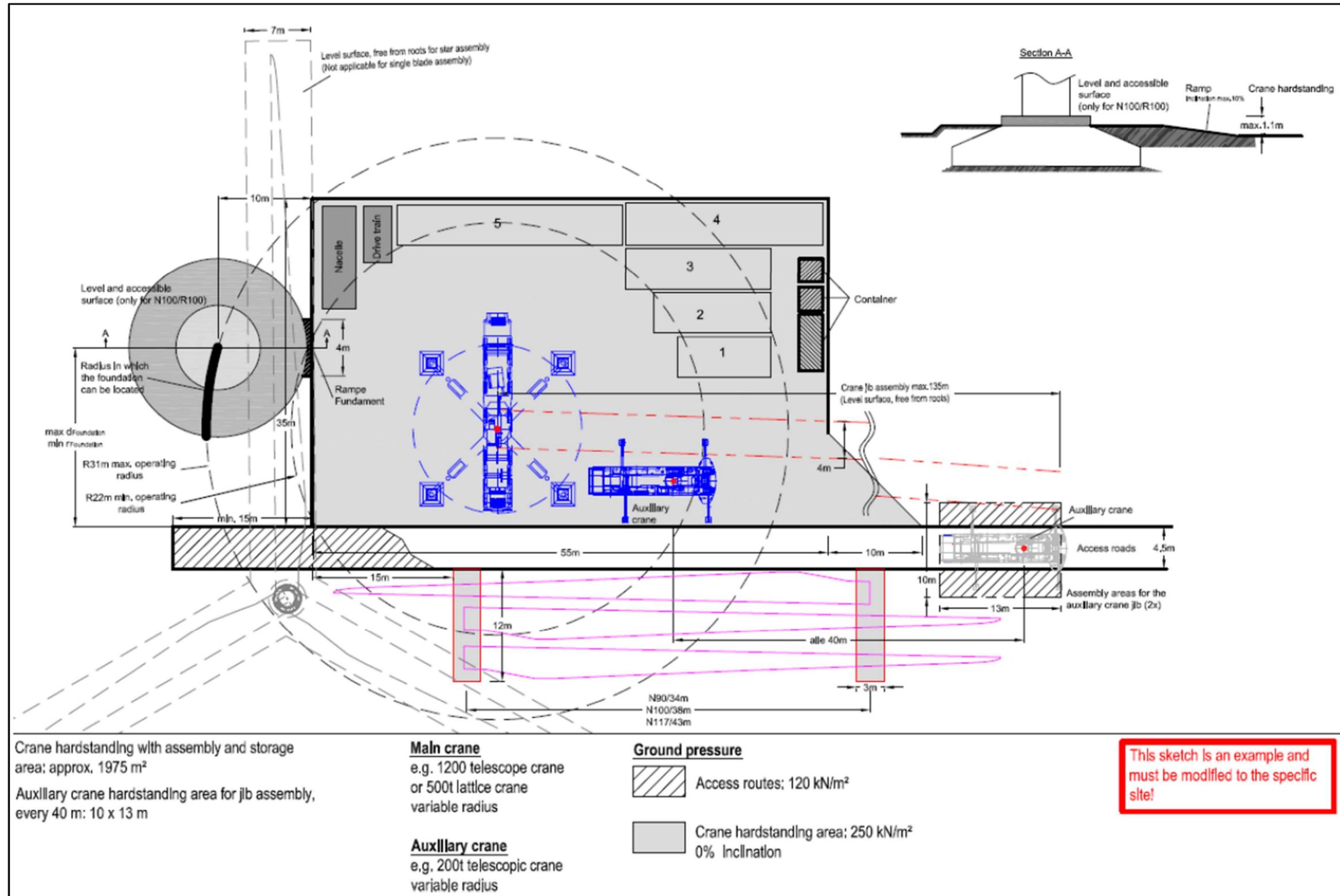


Figure 5 : Schéma de principe d'un aménagement d'une plateforme de levage

2. LES GRANDES ETAPES DE LA VIE D'UN PARC EOLIEN

2.1. LA CONSTRUCTION DU PARC EOLIEN

2.1.1. SEQUENCE DE TRAVAUX

La construction d'un parc éolien signifie la mise en œuvre de travaux faisant appel à différentes spécialités :

- les entreprises de Génie Civil et de Travaux publics pour la réalisation des pistes, des plateformes et des fondations ;
- les entreprises des métiers de l'électricité pour la réalisation des réseaux internes, des postes de livraison et des raccordements ;
- les entreprises spécialistes du transport et du levage.

Ils seront phasés de la manière suivante :

- Préparation du terrain
 - Nivellement
 - Coupes d'arbres pouvant gêner la circulation
 - Réalisation des pistes d'accès et des plateformes et parallèlement pose des réseaux internes
- Réalisation des fondations
 - Excavation
 - Mise en place du ferrailage de la fondation
 - Coulage du béton (dont un mois de séchage)
 - Ancrage de la virole de pied de tour
- Montage des éoliennes
 - Montage de la grue sur la plateforme
 - Livraison et stockage des éléments de l'éolienne autour de la plateforme
 - Montages des différents éléments de section de tour et de la nacelle

- Assemblage du rotor et des pales au sol puis levage de l'ensemble et assemblage avec la nacelle

Le chantier devrait s'étendre sur une période de 8 mois environ.

2.1.2. INSTALLATIONS TEMPORAIRES

Base vie

Un secteur appelé « base de vie » est systématiquement installé sur le site ou à proximité pour servir de base administrative et technique au chantier. Des préfabriqués sont installés pour abriter une salle de réunion, quelques bureaux, des vestiaires, etc. Un parking est également aménagé pour permettre aussi aux intervenants de garer leurs véhicules.

Les éléments qui composent la base de vie chantier :

- 10 bungalows de chantier pour les prestataires de service (vestiaires, pause repas) ;
- 1 groupe électrogène ;
- 1 bungalow sanitaire avec WC chimiques ;
- 1 bungalow servant de salle de réunion.

Cette zone servant de base de vie en phase chantier sera plane et stabilisée et facilement accessible. Dès lors, des dispositions seront prises par Neoen afin d'assurer un espace suffisant pour le stationnement des véhicules.

Une signalisation sera implantée à l'approche et aux abords du site afin de localiser cet espace.

Au total la base de vie s'étendra sur 600 m² pour les différents bureaux et éléments qui la composent et 500 m² pour le parking, soit au total environ 1 100 m².

La localisation de cette base de vie sera déterminée en phase chantier et sera localisée en dehors de toute zone à enjeux biologique, et après accord préalable du propriétaire foncier et de son exploitant agricole éventuel.

Le nombre de camions prévus pour la mise en place de la base de vie :

- 1 camion par conteneur ou bureau
- 4 à 5 camions pour le matériel divers (outillage...)

La base de vie sera démontée à l'issue des travaux.

Zone de stockage

Une zone de stockage est constituée soit sur le site, soit au niveau de la base vie, afin de permettre de stocker les éléments d'éoliennes, de réseaux, ou simplement de parquer les engins de chantier.

Cette zone de stockage s'étendra sur environ 3 000 m².

L'ensemble des installations temporaires n'est utile que lors du chantier et est systématiquement démonté et remis en état à la fin du chantier.

2.1.3. AMENAGEMENT ET CREATION DES ACCES ET DES PLATEFORMES

Certains chemins existants seront redimensionnés et renforcés afin de supporter la charge des véhicules de transport. Ce sera le cas pour les chemins desservant les éoliennes E3 et E4.

Une étude géotechnique sera réalisée afin de déterminer la nature du sol au droit de chaque aménagement.

La terre végétale sera retirée et stockée afin d'être réutilisée.

Le sol sera ensuite décapé sur une profondeur de 20 à 50 cm afin de trouver un sol avec une portance suffisante et sur une largeur maximum de 5 m pour les sections droites, plus large au cas par cas pour les aménagements de virage. Ces surfaces seront ensuite empierrées et compactées mécaniquement et recouvertes d'une couche de finition type GNT ou GRH afin d'obtenir la portance et le niveau de surface de roulement requis.

Si la nature du sol le permet, les matériaux prélevés lors du décapage pourront être concassés et réutilisés pour la réalisation de la piste d'accès ou de remblais, ou seront évacués du site dans le cas contraire.

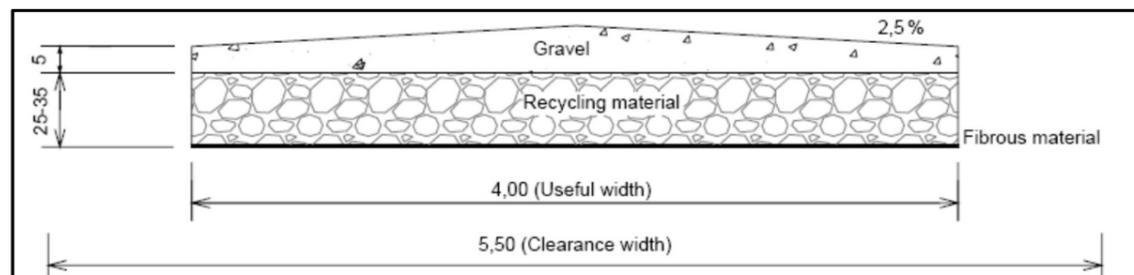


Figure 6 : Schéma de principe : coupe de la bande de roulement d'une piste d'accès

Les voies posséderont un profil et des niveaux de pentes en travers permettant le ruissellement des eaux de pluie même si ces zones ne seront pas imperméabilisées.

La pente des pistes d'accès n'excédera jamais 15%.

Les travaux sur les plateformes respectent strictement les mêmes cahiers des charges que ceux des accès.

Travaux associés :

Les travaux des réseaux électriques internes seront réalisés simultanément aux travaux des pistes afin de limiter les impacts.

Des travaux hydrauliques ponctuels, de type fossé/busages pourront être réalisés, même si les voiries et plateformes ne seront pas imperméabilisées, pour maintenir les réseaux de fossés ou de drainages existants, ou les reconstruire si nécessaire, afin que de ne pas perturber l'hydraulique initial du site d'implantation.

2.1.4. REALISATION DES FONDATIONS

Une étude géotechnique préalable sera nécessaire pour définir pour chaque implantation d'éolienne les dimensions exactes de la fondation et le type de ferrailage.

Les fondations seront creusées sur une profondeur d'environ 3 m et sur la largeur de la fondation augmentée de quelques mètres pour permettre aux équipes de poser le ferrailage.

Les terres excavées seront triées suivant leur nature (terres végétales, terres à remblais, pierre) pour être soit réutilisées sur le site lors de la finition du chantier soit évacuées et revalorisées dans les filières appropriées.





[Figure 7 : Excavation de la terre \(à gauche\) et terrassement \(à droite\)](#)



[Figure 8 : Coulage du béton de propreté \(à gauche\) et ferrailage du massif de fondation \(à droite\)](#)



[Figure 9 : Enfouissement des réseaux](#)

Pour une fondation, 500 à 800 m³ de béton sera coulé en continu dans un temps très court (de l'ordre d'une journée) et un temps de séchage d'un mois est nécessaire avant de poursuivre le montage de l'éolienne. Les fondations seront contrôlées par un organisme vérificateur avant le montage de l'éolienne.

Le nombre de camions prévus par fondation d'éolienne est estimé ainsi :

- environ 30 camions pour tout le travail d'excavation,
- 1 conteneur de 6 mètres de haut pour la cage d'ancrage,
- environ 90 camions pour fournir le béton prêt à couler, cela sur le même jour,
- 4 camions pour fournir le renforcement en fer pour le béton.

2.1.5. REALISATION DES RESEAUX ELECTRIQUES

L'électricité produite en sortie d'éolienne est acheminée vers le poste de livraison par un jeu de câbles en aluminium (éventuellement en cuivre si de grandes distances doivent être couvertes), enterrés à un mètre de profondeur, sur un lit de sable, sous le chemin d'accès, ou en accotement.

La partie de réseau entre le poste de livraison et le réseau public, appelée réseau externe ou raccordement, sera réalisée sous maîtrise d'ouvrage du distributeur ENEDIS.

Une demande simplifiée de raccordement de l'installation de production de NEOEN au réseau public de distribution d'électricité HTA a été faite en mai 2016 auprès de GEREDIS Deux-Sèvres.

GEREDIS propose que le parc éolien soit raccordé au poste source de Moncutant distant d'environ 4 km à l'ouest du poste de livraison, le long de la RD 140.

La proposition de raccordement définitive (poste source et tracé de raccordement) sera produite par GEREDIS après l'obtention du permis de construire du parc éolien, à la recherche du meilleur parti économique. Les câbles posés seront des câbles HTA pour des courants de tension 20 000 Volts en aluminium ou en cuivre suivant la puissance maximale transmissible et la distance à parcourir.

Les travaux de réalisation du raccordement impliquent le même type d'engin que les réseaux internes du parc.

Le nombre de camions prévus pour la réalisation du réseau électrique :

- Pour un poste électrique HTA : 1 camion par poste + 1 grue de 100-150 tonnes + 2 à 3 camions pour le contrepoids de la grue,
- Concernant la mise en place des câbles électriques, un camion peut transporter jusqu'à 5 lots de 500 mètres de câbles soit 2 500 m. Il faudra environ 4 000 m de câbles pour le raccordement des éoliennes au poste de livraison électrique. Deux camions seront ainsi nécessaires à l'approvisionnement des câbles électriques.

2.1.6. MONTAGE DES EOLIENNES

Le montage de l'éolienne est effectué au moyen d'une grue principale de 500 à 1000 tonnes ayant une capacité de levage d'une hauteur équivalente à la hauteur de la tour plus 20 mètres. Une grue auxiliaire d'une capacité plus réduite vient assister le levage des différents éléments, notamment ceux du rotor. La grue principale est transportée et montée par section sur chacune des plateformes d'éolienne.

Les éléments de l'éolienne sont disposés sur la plateforme et dans certains cas à proximité immédiate de celle-ci.

Il est ensuite procédé au montage des éléments du mât, de la nacelle et enfin des éléments du rotor, suivant 2 techniques :

- soit, dans un environnement dégagé, le rotor et les pâles peuvent être assemblés au sol puis l'ensemble est levé ;
- soit, dans un environnement plus complexe, chaque élément (rotor puis pales) est levé et assemblé aux autres directement au niveau de la nacelle.



Figure 10 : Montage des éléments du mât (à gauche) et de l'hélice « pale par pale » (à droite)

Au total, le nombre de convois exceptionnels ou de camions prévus pour acheminer les différents éléments d'une éolienne se comptabilise de la manière suivante :

- 3 convois exceptionnels pour les pales,
- 1 convoi exceptionnel pour la nacelle,
- 1 convoi exceptionnel pour la boîte de vitesse,
- 5 convois exceptionnels pour les sections de tours,
- 3 camions pour les autres petits composants

2.2. L'EXPLOITATION DU PARC EOLIEN

2.2.1. PRODUCTION ET REGULATION

Les performances des éoliennes sont qualifiées par une courbe de puissance (voir illustration suivante) traduisant la puissance instantanée de l'éolienne en fonction de la vitesse du vent.

On distingue 2 modes de fonctionnement :

- les vents inférieurs à 11 m/s (environ 40 km/h) pour lesquels l'angle des pales ou le degré d'inclinaison des pales par rapport au vent (dit « pitch ») est modulé pour optimiser l'énergie transmise. La vitesse de rotation du rotor et le couple transmis par celui-ci sont donc ajustés en permanence ;
- les vents entre 11 m/s et 25 m/s (40 km/h et 90 km/h) où l'éolienne fonctionne à puissance maximale. L'angle de pitch est alors modulé pour ne pas excéder cette puissance transmise. La vitesse de rotation du rotor et le couple transmis sont constants.

Au-delà de 25 m/s (90 km/h), l'éolienne est arrêtée. Les pales sont orientées à 90°, configuration de sécurité dans laquelle le rotor ne peut en aucun cas être entraîné.

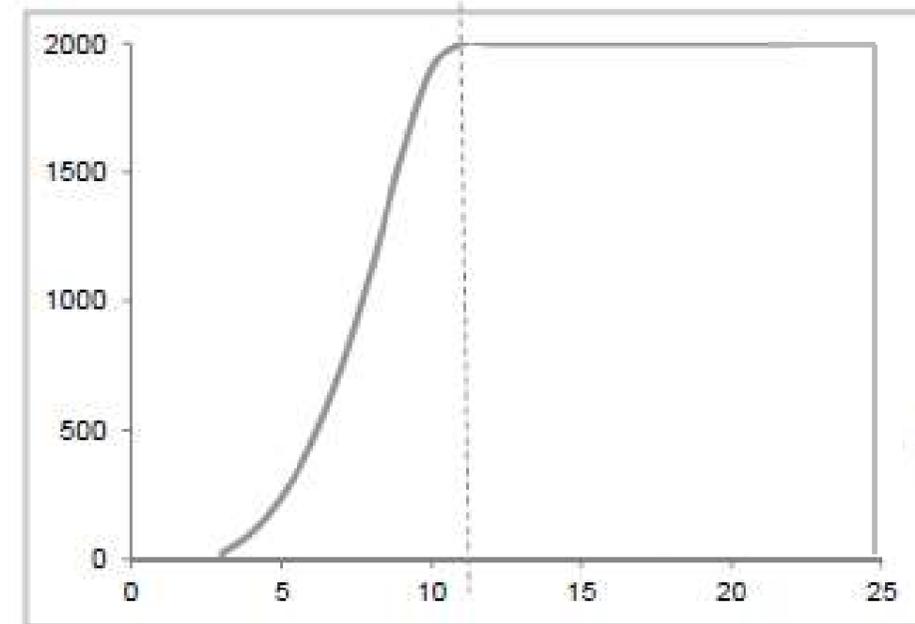


Figure 11 : Courbe de puissance d'une éolienne de 2000 kW (horizontal : vitesse de vent en m/s, vertical : puissance instantanée en kW)

Les deux illustrations suivantes présentent les évolutions sur une journée de la vitesse du vent et donc de l'angle de pitch, de la vitesse de rotation et de la puissance instantanée de l'éolienne.

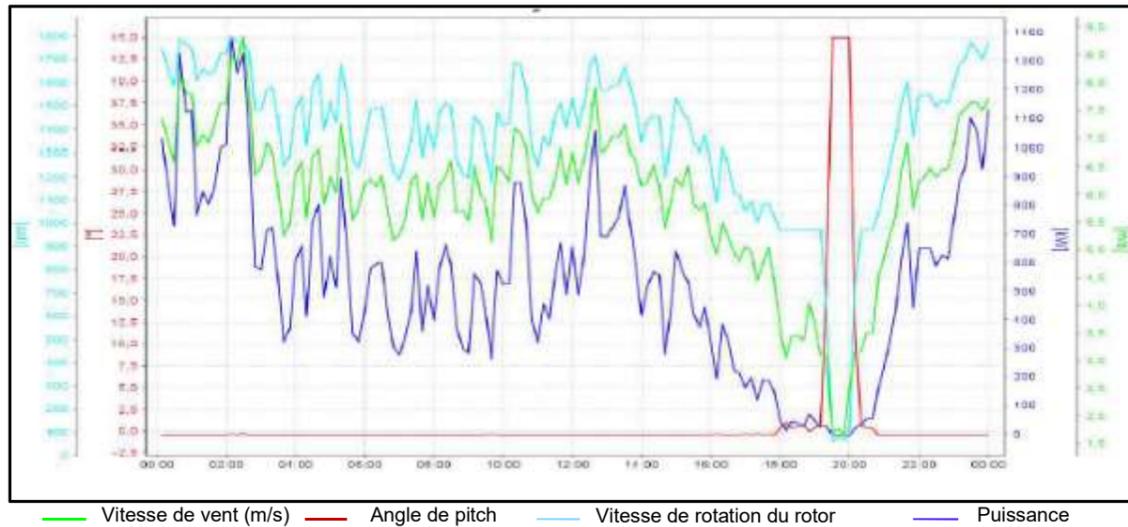


Figure 12 : Evolution de la vitesse du vent, de l'angle de pitch, de la vitesse de rotation et de la puissance instantanée pour des vents inférieurs à 11m/s

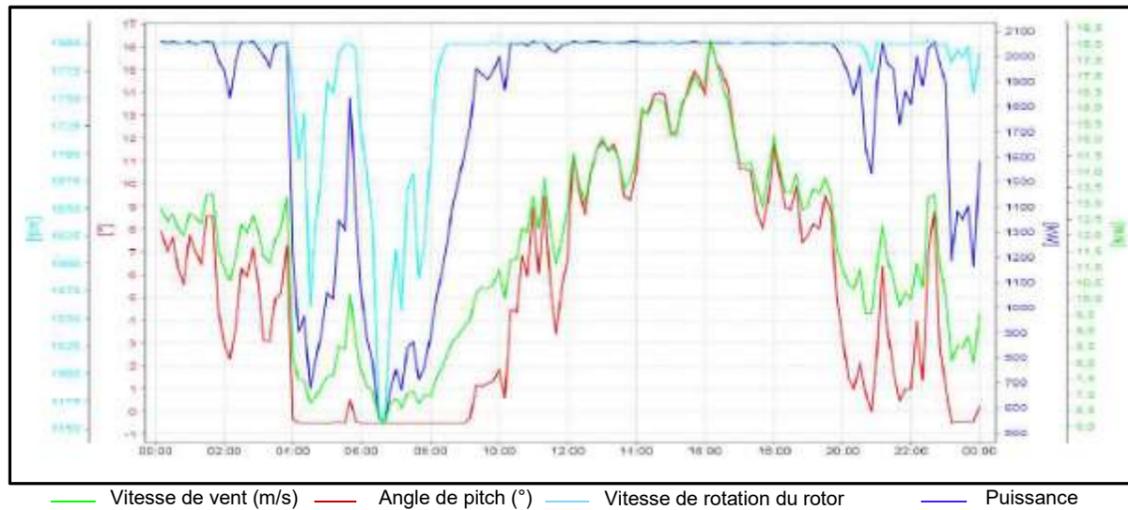


Figure 13 : Evolution de la vitesse du vent, de l'angle de pitch, de la vitesse de rotation et de la puissance instantanée pour des vents supérieurs à 11m/s

Chaque éolienne est équipée d'un processeur collectant et analysant en temps réel les informations de fonctionnement des éoliennes et celles remontées par les capteurs externes (température, vitesse de vent, etc.). Celui-ci donne automatiquement les ordres nécessaires pour adapter le fonctionnement des machines.

Les processeurs des éoliennes les plus récentes, telles que celles qui seront installées sur le site, intègrent des algorithmes de gestion de performance dite « dégradées ». Ces modes permettent de limiter le fonctionnement de l'éolienne, voire de l'arrêter, pour respecter les obligations réglementaires ou les engagements environnementaux pris (acoustique, avifaune, etc.). Ainsi, il est possible d'automatiser l'arrêt ou le ralentissement des éoliennes en fonction de l'heure, de la date, de la température extérieure, de la vitesse ou de la direction du vent par exemple.

2.2.2. MAINTENANCE PROGRAMMEE

Des cycles de maintenance préventive sont mis en place à un rythme défini en fonction de l'entrée en exploitation du parc éolien.

a) Maintenance 3 mois

Une première opération de maintenance a lieu dans les trois mois qui suivent la mise en exploitation. Cette période correspond en effet à une période de « rodage », où des pièces ayant éventuellement un défaut de fabrication pourraient montrer des défaillances.

b) Maintenance périodique annuelle

Des cycles de maintenance ont lieu tous les 6 mois. Ces maintenances permettent de contrôler les éléments suivants :

- inspection générale (inspection visuelle, détection de bruits de fonctionnement anormaux...);
- contrôle des systèmes d'orientation des pales (position, lubrification, état des roulements, du système de parafoudre, infiltration d'eau, etc.);
- contrôle/test des principaux éléments mécaniques, des capteurs, des connexions électriques;
- contrôle des systèmes de freinage;
- contrôle des anémomètres et de la girouette;
- contrôle du balisage;
- contrôle des systèmes de sécurité (boutons d'arrêt d'urgence, extincteurs, kit de premiers secours, système d'évacuation de la nacelle, etc.).

Des contrôles spécifiques supplémentaires ont lieu au bout de 2 ans (contrôle du serrage de l'ensemble des boulons d'assemblage de la tour, notamment) et au bout de 5 ans (contrôle des huiles des parties mécaniques, remplacement de gros composants tels que le multiplicateur si nécessaire).

L'étude de dangers présente de façon plus détaillée les opérations de maintenance et leurs fréquences.

2.2.3. COMMUNICATION ET INTERVENTIONS NON PROGRAMMEES

L'ensemble du parc éolien est en communication avec un serveur situé au poste de livraison du parc, lui-même en communication constante avec l'exploitant et le turbinier. Ceci permet à l'exploitant de recevoir les messages d'alarme, de superviser, voire d'intervenir à distance sur les éoliennes. Une astreinte 24h sur 24, 7 jours sur 7, 365 jours par an, est organisée au centre de gestion de l'exploitant pour recevoir et traiter ces alarmes.

Lorsqu'une information ne correspond pas à un fonctionnement « normal » de l'éolienne, celle-ci s'arrête automatiquement et se met en sécurité. Une alarme est envoyée au centre de supervision à distance qui analyse les données et porte un diagnostic :

- pour les alarmes mineures – n'induisant pas de risques pour la sécurité de l'éolienne, des personnes et de l'environnement - le centre de supervision est en mesure d'intervenir et de redémarrer l'éolienne à distance ;
- dans le cas contraire, ou lorsque le diagnostic conclut qu'un composant doit être remplacé, une équipe technique présente à proximité est envoyée sur le site.

Le schéma suivant présente le système de communication entre les éoliennes et le centre de supervision de l'exploitant.

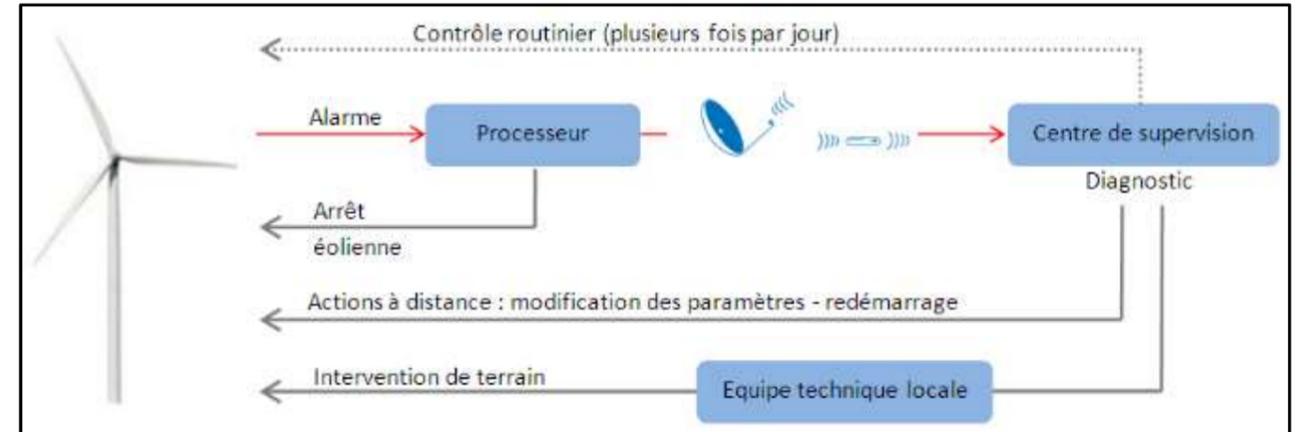


Figure 14 : Communication - Système de supervision et d'intervention

2.3. DEMANTELEMENT DU PARC EOLIEN

Conformément à l'arrêté du 6 novembre 2014 (modifiant l'arrêté du 26 août 2011) et au décret n°2011-985 du 23 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, il incombe au maître d'ouvrage la responsabilité de démanteler le parc éolien à la fin de son exploitation. Il provisionnera donc les garanties financières exigées par la réglementation (décret codifié à l'article R.553-1 et suivants du code de l'environnement), auprès d'un organisme réglementaire ou d'une compagnie d'assurances approuvés afin de pouvoir assurer la remise en état du site après exploitation, en conformité avec l'état initial et dans les conditions définies par décret en Conseil d'Etat et, le cas échéant, par l'autorisation d'exploiter au titre des ICPE.

2.3.1. DEMANTELEMENT DU PARC EOLIEN

La remise en état du site se fera au terme de la période d'exploitation du parc éolien.

Une fois les éoliennes mises hors service, les différents éléments les constituant seront successivement démontés, en commençant par la génératrice, le multiplicateur et les pales. La nacelle sera ensuite déposée et la tour démontée. Le démantèlement nécessitera des moyens identiques à ceux employés lors du montage des éoliennes (grues télescopiques).

Dans le cadre de la remise en état du site, et au-delà du recyclage des machines, l'exploitant a prévu le démantèlement de toutes les installations :

- le démontage de l'éolienne,
- le démontage des équipements annexes,
- le démantèlement du poste de livraison,
- l'arasement des fondations,
- le désempierrement des chemins d'accès aux éoliennes,
- le démontage et retrait des câbles et des gaines,
- le retrait des locaux techniques (postes de transformation et de livraison),
- le suivi de la restauration du site par un ingénieur écologue.

Dans de bonnes conditions météorologiques, le temps consacré au démantèlement d'une éolienne est estimé à deux jours.

2.3.2. DEMANTELEMENT DU POSTE DE LIVRAISON

A l'issue de l'exploitation, les câbles électriques d'alimentation du poste de livraison seront déconnectés et extraits du sol.

Le poste électrique sera démantelé et ses composants dirigés vers les filières adaptées à leur retraitement.

2.3.3. DEMANTELEMENT DU RESEAU DE RACCORDEMENT

Le réseau électrique enterré inter-éoliennes jusqu'au poste de livraison créé dans le cadre de ce projet, est constitué de câbles de 20 kV de sections comprises entre 150 et 240 mm². Ces câbles comportent des parties conductrices en aluminium et un isolant en polyéthylène. Ils incluent également des fibres optiques.

Ce réseau de câbles est enfoui à une profondeur d'environ un mètre.

Lors du démantèlement, afin de limiter la perturbation sur l'environnement, il est envisagé de laisser les câbles en place.

2.3.4. DEMANTELEMENT DES FONDATIONS

Une fois les éoliennes et le réseau électrique retirés, le démantèlement des fondations s'effectuera selon la séquence suivante :

- réalisation des fouilles pour dégager les fondations,
- éclatement des fondations à l'aide d'un brise-roche ou d'une pince hydraulique (dans la limite d'un mètre sous terre),
- récupération, transport et mise en décharge (recyclage) des matériaux (gravats de béton, acier des ferrillages).



Figure 15 : Eclatement des fondations (à gauche) et enlèvement du ferrailage (à droite)

Le porteur de projet s'engage au travers des conventions signées avec les propriétaires à démanteler les fondations jusqu'à une profondeur d'un mètre.

Les déchets inertes issus de ce démantèlement seront triés à l'entrée de la décharge spécialisée et conformément à la législation en vigueur.

2.3.5. REMISE EN ETAT DU SITE

Il est prévu que les aires de grutage soient remises en état, conformément à leur destination initiale. L'exploitant devra donc procéder au décaissement des aires de grutage et des chemins d'accès temporaires sur une profondeur de 40 centimètres et au remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation, sauf si le propriétaire du terrain souhaite leur maintien en l'état.

La recolonisation du milieu se fera de façon naturelle.

2.3.6. RECYCLAGE DES DECHETS

Les déchets de démolition et de démantèlement doivent être valorisés ou éliminés dans des filières dûment autorisées à cet effet.

L'exploitant identifiera, dans un premier temps, les différents types de déchets puis dans un second temps leurs destinations une fois que l'éolienne est démontée.

Les éoliennes sont essentiellement composées de fibres de verre et d'acier. Dans le détail, la composition d'une éolienne est plus complexe et d'autres composants interviennent tels que le cuivre ou l'aluminium.

L'exploitant analysera en détails les différents matériaux récupérables et/ou valorisables d'une éolienne.

Les différents types de déchets sont, pour chacun des éléments de l'éolienne :

- **Les pales et le rotor** : le poids du rotor et des pales peut varier entre 20 et 25 tonnes. Ils sont constitués de composites de résine, de fibres de verre et de carbone. Ces matériaux pourront être broyés pour faciliter le recyclage,
- **La nacelle et le moyeu** : le poids total de la nacelle est d'environ 70 tonnes. Différents matériaux composent ces éléments : de la ferraille d'acier, de cuivre et différents composites de résine et de fibre de verre. Ces matériaux sont facilement recyclables,
- **Le mât** : le poids du mât est principalement fonction de sa hauteur. En ce qui concerne l'éolienne son poids varie entre 220 et 315 tonnes. Le mât est principalement composé de ferraille de fer qui est facilement recyclable. Des échelles sont souvent présentes à l'intérieur du mât. De la ferraille d'aluminium sera récupérée pour être recyclée,
- **Le transformateur et les installations de distribution électrique** : chacun de ces éléments sera récupéré et évacué conformément à l'ordonnance sur les déchets électroniques,

- **La fondation** : généralement la fondation est détruite seulement en partie. Le premier mètre sous terre est retiré. Par conséquent, du béton armé sera récupéré. L'acier sera séparé des fragments et des caillasses, conformément à l'arrêté du 6 novembre 2014.

Le recyclage et/ou la valorisation des déchets sera fait conformément à l'arrêté du 26 Août 2011 qui précise dans ses articles 20 et 21 que « *l'exploitant se doit d'éliminer ou de faire éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet. Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit. Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées.*

Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités ».

Dans un contexte d'augmentation de la demande en matières premières et de l'appauvrissement des ressources, le recyclage des matériaux prend d'autant plus sa part dans le marché des échanges. Il est expliqué dans la suite comment sont revalorisés les déchets selon le matériau.

▪ **La fibre de verre**

Actuellement, ces matériaux sont, en majorité, mis en décharge avec un coût en forte augmentation et une menace d'interdiction d'enfouissement pour les déchets considérés comme non « ultimes ». Mais des groupes de recherche ont orienté leurs études sur la valorisation de ces matériaux. Un certain nombre de solutions sont aujourd'hui à l'étude :

- la voie thermique et thermochimique permettant par exemple des co-combustions en cimenterie ou la création de revêtement routier ;
- la création de nouveaux matériaux. Ainsi, un nouveau matériau à base de polypropylène recyclé et de broyats de déchets composites a été développé par Plastic Omnium pour la fabrication de pièces automobiles, en mélange avec de la matière vierge. L'entreprise MCR développe également de nouveaux produits contenant une forte proportion de matière recyclée (60%). Ces nouveaux matériaux présentent une forte résistance aux effets et aux rayures et peuvent notamment trouver des applications dans le secteur du bâtiment et des sanitaires.

▪ **L'acier**

Mélange de fer et de coke (charbon) chauffé à près de 1600°C dans des hauts-fourneaux, l'acier est préparé pour ses multiples applications en fils, bobines et barres. Ainsi on estime que pour une tonne d'acier recyclé, 1 tonne de minerai de fer est économisée.

Avec une tonne d'acier on peut fabriquer :

- une voiture ;
- 19 chariots de supermarché ;
- 1 229 boules de pétanque.

Ainsi l'acier se recycle à 100 % et à l'infini.

▪ **Le cuivre**

Le cuivre est le métal le plus recyclé au monde. En effet, il participe à la composition des éléments de haute technologie (ordinateurs, téléphones portables, ...). En 2006, le coût d'une tonne de cuivre a progressé de plus de 75 %. 35 % des besoins mondiaux sont aujourd'hui assurés par le recyclage de déchets contenant du cuivre (robinetterie, appareils ménagers, matériel informatique et électronique...). Cette part atteint même 45% en Europe, selon International Copper Study Group (ICSG). Ce métal est recyclé et réutilisé facilement sans aucune perte de qualité ni de performance, explique le Centre d'Information du Cuivre. Il n'existe en effet aucune différence entre le métal recyclé et le métal issu de l'extraction minière.

▪ **L'aluminium**

Comme l'acier, l'aluminium se recycle à 100 %. Une fois récupéré, il est chauffé et sert ensuite à fabriquer des pièces moulées pour des carters de moteurs de voitures, de tondeuses ou de perceuses, des lampadaires.

2.4. GARANTIES FINANCIERES POUR LE DEMANTELEMENT

En application des articles L 553-3 et R553-1 et suivants du Code de l'Environnement relatifs aux installations classées pour la protection de l'environnement utilisant l'énergie mécanique du vent, la société exploitante produira à la mise en service du parc la preuve de la constitution des garanties financières (en l'espèce les garanties financières prendront la forme d'un **acte de cautionnement** solidaire souscrit auprès d'un organisme spécialisé) pour un montant initial forfaitaire de 50 000 € par éolienne soit au total 300 000 € pour l'ensemble du parc exploité.

En outre, il est rappelé qu'en application de l'article R553-3 du code de l'environnement, en cas de défaillance de la société exploitante, la société mère est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site.

La garantie apportée par la société exploitante pour le démantèlement se situe donc à trois niveaux : un provisionnement du coût des travaux dès le début de la mise en production de l'installation, la constitution de garanties financières et enfin la responsabilité de la maison mère.

3. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

3.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Largeasse 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 poste de livraison.

3.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Largeasse sont potentiellement de différents 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),
- Dysfonctionnement de capteurs,
- Perte de transmission des données.

Ces dangers potentiels sont recensés pour les 7 premiers types 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

Figure 16 : Dangers potentiels pour chaque élément d'éolienne.

3.1. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

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

3.1.1. REDUCTION DES DANGERS LIES AUX PRODUITS

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants.

La quantité est estimée à environ 850 L par éolienne, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans le pied de l'éolienne ne nécessite pas de bac de récupération car un système sec est utilisé, il ne nécessite donc l'usage d'aucun lubrifiant.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site lors des phases de renouvellement.

3.1.2. REDUCTION DES DANGERS LIES AUX INSTALLATIONS

L'exploitant a effectué des choix techniques pour implanter les éoliennes le plus à l'écart des zones à enjeux, le choix même du site correspondant à un secteur suffisamment éloigné de toute habitation et un recul suffisamment important des routes encadrant le site d'implantation. Plusieurs variantes ont été envisagées, celle retenue respectant le mieux les enjeux naturalistes identifiés et les servitudes liées à la présence notamment d'une ligne électrique souterraine. Les contraintes liées à des servitudes aéronautiques et à la présence d'un site archéologique, d'un monument historique et

de plusieurs ICPE sont respectées. De plus, elle correspond à la solution d'implantation la plus harmonieuse sur le plan paysager.

Par ailleurs, les caractéristiques des éoliennes répondent à une optimisation de la production tout en tenant compte des conditions de vent, des espaces inter-éoliennes et des impacts acoustiques.

La norme IEC 61 400-1 intitulée « exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe des prescriptions relatives à la sécurité de la structure de l'éolienne, de ses parties mécaniques et électriques et de son système de commande.

Ces prescriptions concernent la conception, la fabrication, l'installation et la maintenance de l'éolienne. Elles seront prises en compte par le constructeur lors de la fourniture des éoliennes.

3.1.3. 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 intégrée 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.