énergies et territoires développement

VSB energies nouvelles

PROJET DE PARC EOLIEN de Landizès
Commune de Sainte Tréphine (22)

- Note de Présentation Non Technique de l'Etude d'Impact sur l'Environnement -

Rapport d'étude	Etude d'impact sur l'environnement
Version :	V2
Date :	17/04/2023
Commanditaire :	VSB énergies nouvelles

ETD Brest	ETD Amiens
Pôle d'innovation de Mescoat 29800 LANDERNEAU Tél : +33 (0)2 98 30 36 82 Fax : +33 (0)2 98 30 35 13	4 rue de la Poste BP 30015 80160 CONTY Tél : +33 (0)3 22 46 99 07

www.etd-energies.fr

SOMMAIRE

A-1. PRESENTATION DU PROJET 4

A-1.1. GENERALITES 4
A-1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET IMPLANTATION 4
A-1.3. LE PROJET 5
A-1.4. DESCRIPTION TECHNIQUE DU PARC EOLIEN 6
A-1.4.1. Les éoliennes 6
A-1.4.1.1. Composition et dimensions des éoliennes 6
A-1.4.1.2. Fonctionnement d'une éolienne 8
a) La transformation de l'énergie éolienne par les pales 8
b) L'accélération du mouvement de rotation grâce au multiplicateur 8
c) La production d'électricité par le générateur 8
d) Le traitement de l'électricité par le convertisseur et le transformateur 8
A-1.4.1.3. Production d'électricité et régulation de la puissance du vent 9
A-1.4.1.4. Respect des normes en vigueur 9
A-1.4.1.5. Les produits mis en œuvre 9
a) Préambule 9
b) Lubrification 9
c) Refroidissement 9
A-1.4.1.6. Le balisage 9
A-1.4.2. Le raccordement électrique 10
A-1.4.2.1. Raccordement interne au parc 10
A-1.4.2.2. Postes de livraison 10
A-1.4.2.3. Raccordement externe et poste électrique 10
a) Le poste électrique 10
b) Le tracé de raccordement 10
A-1.4.3. Voiries et réseaux divers 13
A-1.4.3.1. Les voies d'accès 13
A-1.4.3.2. Desserte inter-éolienne et plateformes de levage 13
a) Le principe 13
b) La desserte inter-éolienne 13
c) Les plateformes 13
A-1.4.4. Synthèse des principales caractéristiques du projet 14

A-2. CONSTRUCTION DU PARC EOLIEN 14

A-2.1. PHASAGE DES TRAVAUX 14
A-2.2. PREPARATION DU CHANTIER 15
A-2.2.1. Débroussaillement/défrichement 15
A-2.2.2. Installation de la base vie 15
A-2.3. LA CONSTRUCTION DU PARC 15
A-2.3.1. Les travaux de génie civil 15
A-2.3.1.1. La préparation des pistes d'accès et des plateformes des éoliennes 15
A-2.3.1.2. La réalisation des fondations 17
A-2.3.2. Le raccordement électrique interne au parc éolien 18
A-2.3.2.1. La pose des câbles enterrés inter-éoliennes 18
A-2.3.2.2. Le raccordement du poste de livraison 19
A-2.3.3. Le raccordement électrique externe 19
A-2.3.3.1. *Préambule* 19
A-2.3.3.2. La pose en bord de route 19
a) Généralités 19
b) Pose mécanisée en pleine terre 19
c) Pose en tranchée ouverte en pleine terre (ouvrage de liaison) 19
A-2.3.3.3. La pose sous obstacle (forage horizontal dirigé) 20
A-2.3.4. Le montage des éoliennes 20
A-2.3.4.1. Le stockage des éléments des éoliennes 20
A-2.3.4.2. L'installation des éoliennes 20
A-2.3.5. Test et mise en service 22
A-2.3.6. Remise en état 22
A-2.4. MODALITE DE GESTION DES EFFLUENTS/DECHETS ET ENTRETIEN DES ENGINS DE CHANTIER 22
A-2.4.1. Les consommations 22
A-2.4.2. Les émissions 22
A-2.4.2.1. Les rejets atmosphériques 22
A-2.4.2.2. Les rejets aqueux 22
A-2.4.2.3. Les déchets 22

A-3. FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE DU PARC EOLIEN 23

A-3.1. FONCTIONNEMENT 23
A-3.1.1. Pilotage et surveillance 23
A-3.1.2. Systèmes d'asservissement des éoliennes 23
A-3.1.3. Les consommations et émissions des éoliennes en fonctionnement 23
A-3.1.3.1. Les consommations 23
A-3.1.3.2. Les émissions 23
a) Les émissions hors GES 23
b) Les gaz à effet de serre (GES) 23
A-3.2. MAINTENANCE 24
A-3.2.1. Maintenance programmée 24
A-3.2.1.1. Maintenance 3 mois 24
A-3.2.1.2. Maintenance périodique biannuelle 24
A-3.2.2. Communication et interventions non programmées 24
A-3.2.3. Les déchets générés par la maintenance 24

A-4. DEMANTELEMENT DU PARC EOLIEN ET REMISE EN ETAT DU SITE 25

A-4.1. DEMANTELEMENT ET REMISE EN ETAT PAR L'EXPLOITANT 25
A-4.2. REUTILISATION ET RECYCLAGE 25
A-4.3. LES CONSOMMATIONS ET EMISSIONS EN PHASE DE DEMANTELEMENT 25
A-4.4. PROVISIONNEMENT DES GARANTIES FINANCIERES 26
A-4.4.1. Préambule 26
A-4.4.2. Le montant des garanties financières 26
A-4.4.2.1. Principe 26
A-4.4.2.2. Application au projet 26
A-4.4.3. Actualisation du montant des garanties financières 26
A-4.4.4. Eléments complémentaires 26

Cartes

CARTE 1 : LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE DU PROJET 4
CARTE 2 : LOCALISATION DES EOLIENNES 5
CARTE 3 : PLAN DU PROJET 7
CARTE 4 : TRACE DES CONNEXIONS INTER-EOLIENNES 11
CARTE 5 : TRACE DE RACCORDEMENT ENVISAGE 12

Tableaux

Tableau 1 : Modeles potentiels d'eoliennes 5
Tableau 2 : Composition d'une eolienne 6
Tableau 3 : Postes sources dans l'environnement du projet eolien (source : Capareseau le 31/10/2022) 10
Tableau 4 : Emprises des pistes de voirie 13
Tableau 5 : Surfaces des plateformes 13
Tableau 6 : Synthese des principales caracteristiques du projet 14
Tableau 7 : Type de dechets produits lors du chantier de construction 22
Tableau 8 : Principaux types de travaux de demantelement et de remise en etat d'un parc eolien 25

Figures

Figure 1 : Schema de principe d'un parc eolien 4
Figure 2 : Schema descriptif du couple rotor/nacelle 8
Figure 3 : Principe du raccordement electrique d'une installation eolienne 10
Figure 4 : Schema de principe d'un amenagement d'une plateforme de levage 13
Figure 5 : principe du forage dirige 20

Photographies

Photo 1 : Decapage du sol 16
Photo 2 : Pose d'une bache textile et de graves concassees 16
Photo 3 : Nivellement 16
Photo 4 : Voie d'acces terminee 16
Photo 5 : Excavation 17
Photo 6 : Beton de proprete 17
Photo 7 : Ferraillage 17
Photo 8 : Coulage du beton 18
Photo 9 : Fondation terminee 18
Photo 10 : Excavation 18
Photo 11 : Sablage
Photo 12 : Tranchee equipee 18
Photo 13 : Pose d'un poste de livraison 19
Photo 14 et Photo 15 : Trancheuse a l'arret et en action 19
Photo 16 : Exemple de point de depart avec canalisation engagee 20
Photo 17 : stockage des elements de l'eolienne sur la plateforme a proximite de la fondation 20
Photo 18 : montage des elements de la tour 21
Photo 19 : montage de la nacelle 21
Photo 20 : assemblage du rotor au sol 21
Photo 21 : montage du rotor
Photo 22 : montage pale par pale 21

A-1. PRESENTATION DU PROJET

A-1.1. GENERALITES

L'objectif d'un projet éolien est de transformer l'énergie cinétique en énergie électrique, et d'injecter cette électricité sur le réseau de distribution. Un parc éolien est composé :

- De plusieurs aérogénérateurs, dits « éoliennes » qui reposent sur des fondations ;
- D'un réseau électrique comprenant un ou plusieurs poste(s) de livraison, par lesquels transite l'électricité produite par le parc avant d'être livrée sur le réseau public d'électricité ;
- D'un ensemble de chemins d'accès aux éléments du parc ;
- De moyens de communication permettant le contrôle et la supervision à distance du parc éolien.

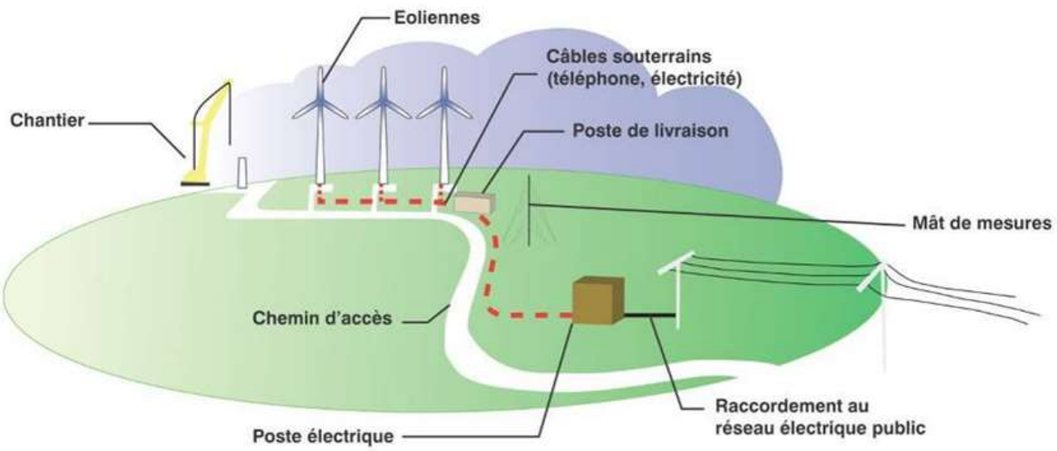


Figure 1 : Schéma de principe d'un parc éolien

A-1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET IMPLANTATION

Le projet éolien de Landizès est situé en région Bretagne dans le département des Côtes d'Armor et sur la commune de Sainte-Tréphine. La localisation est présentée sur la carte ci-contre.

La commune de Sainte-Tréphine appartient à la Communauté de Communes du Kreiz-Breizh. Celle-ci a été créée en 1993. Elle compte 23 communes et comptait environ 19 000 habitants en 2015 (source : INSEE).

LOCALISATION DU SITE

Sources : ETD, Scan100 @IGN, 2021.

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude du projet

A-1.3. LE PROJET

Le projet éolien de Landizès se compose de 4 éoliennes implantées sur la commune de Sainte Tréphine dans le département des Côtes d'Armor (22).

La localisation des éoliennes au sein de la Zone d'Implantation Potentielle est présentée dans le tableau ci-dessous ainsi que sur la Carte 2 ci-contre.

Le gabarit retenu pour les éoliennes du projet est décrit ci-dessous :

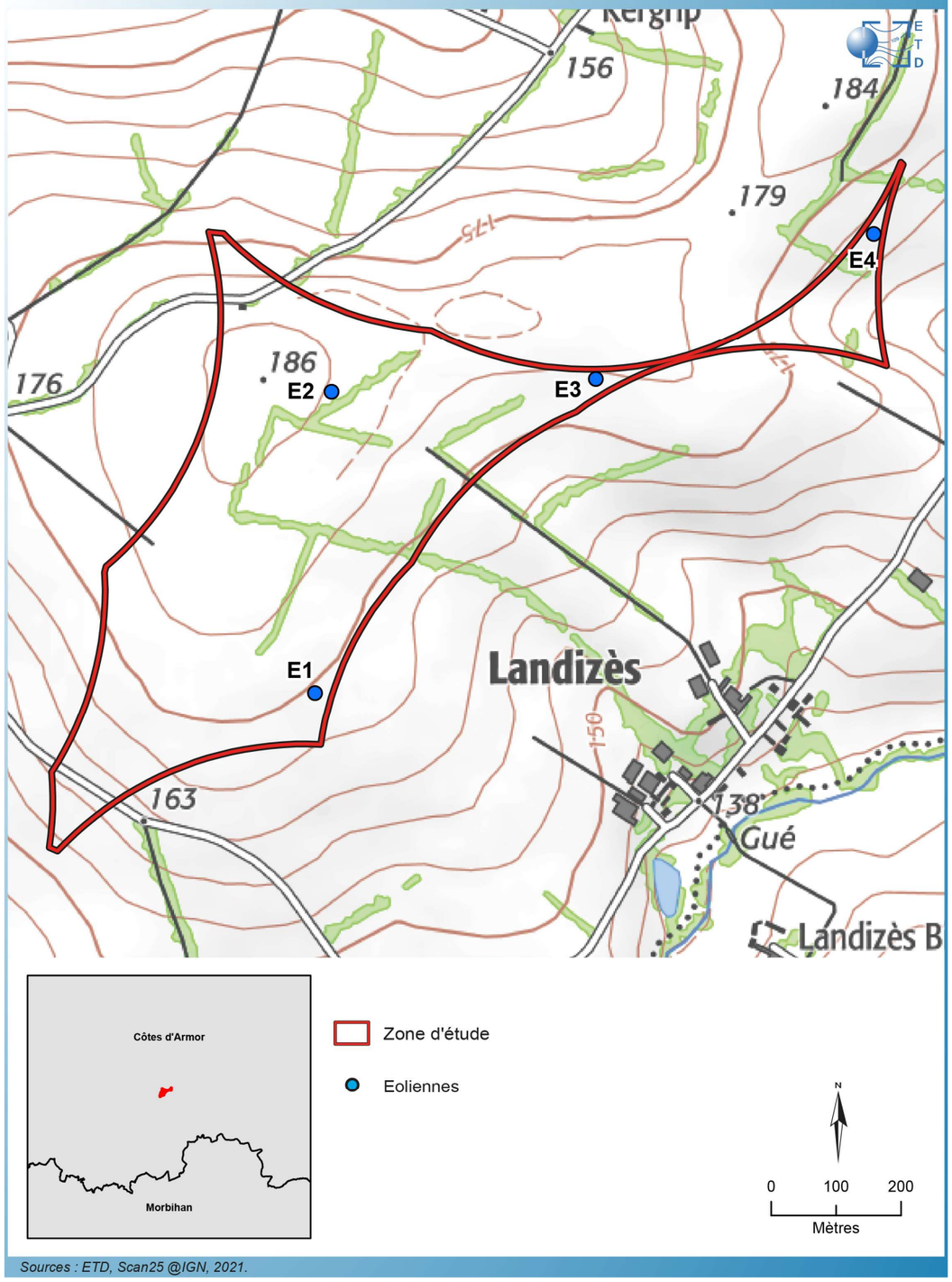
- Hauteur maximale (en bout de pale) : 150 m ;
- Diamètre 115 à 117 m ;
- Longueur des pales : 58,5 m ;
- Hauteur du mat : 91 à 92 m ;
- Puissance unitaire : 2,99 à 4,2 MW.

Ce gabarit peut correspondre à l'un des modèles ci-dessous :

Modèle	Hauteur nacelle	Diamètre	Hauteur totale	Puissance
N117	91 m	117 m	150 m	3,6 MW
V117	92 m	117 m	150 m	4,2 MW
E115	92 m	115 m	150 m	2,99 MW ou 4,2 MW

Tableau 1 : Modèles potentiels d'éoliennes

LOCALISATION DES ÉOLIENNES



Sources : ETD, Scan25 @IGN, 2021.

Carte 2 : Localisation des éoliennes

A-1.4. DESCRIPTION TECHNIQUE DU PARC EOLIEN

Le projet de parc éolien comportera 4 éoliennes d'une puissance unitaire de 2,99 à 4,2 MW. La puissance totale du parc sera donc d'environ 11,96 à 16,8 MW.

La production annuelle attendue est de 30 GWH, soit la consommation annuelle équivalente d'environ 7142 foyers (Base consommation moyenne par foyer en France : 4 200 kWh/an - ADEME Mai 2018). La communauté de communes de Kreizh-Breizh comptant environ 7968 foyers, le parc pourrait couvrir la quasi-totalité de l'énergie consommée par celle-ci.

Les éoliennes seront associées à un réseau de voirie et connectées au réseau électrique via 1 poste de livraison. Ces éléments sont détaillés dans les paragraphes suivants.

La disposition globale du projet est présentée sur le plan à la page suivante.

A-1.4.1. Les éoliennes

Le gabarit retenu pour les éoliennes du projet est décrit ci-dessous :

- Hauteur maximale (en bout de pale) : 150 m ;
- Diamètre 115 à 117 m ;
- Longueur des pales : 58,5 m ;
- Hauteur du mat : 91 à 92 m ;
- Puissance unitaire : 2,99 à 4,2 MW.

A-1.4.1.1. Composition et dimensions des éoliennes

Une éolienne est composée des principaux éléments suivants :

- Un rotor, composé de trois pales et du moyeu (ou « nez ») de l'éolienne, fixé à la nacelle. Le rotor est entraîné par l'énergie du vent, il permet de transformer l'énergie cinétique[1] en énergie mécanique (rotation). Un système de captage de la foudre constitué d'un collecteur métallique associé à un câble électrique ou méplat situé à l'intérieur de la pale permet d'évacuer les courants de foudre vers le moyeu puis vers le mât, la fondation et enfin vers le sol.
- Une nacelle montée au sommet du mât, abritant la plus grande partie des composants permettant de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique, ainsi que l'automate permettant la régulation de l'éolienne. La nacelle pivote à 360° pour présenter le rotor face au vent, quelle que soit sa direction.

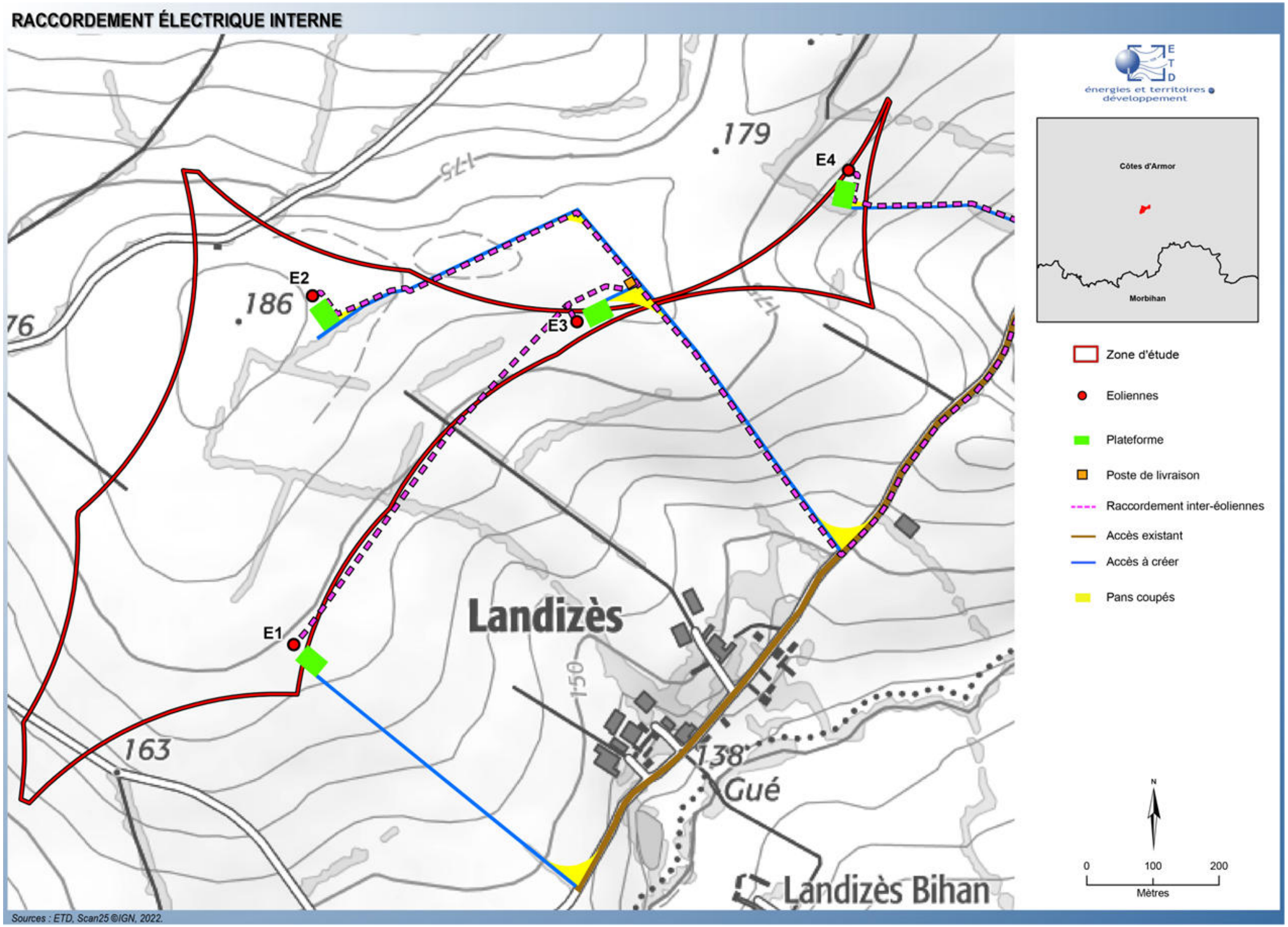
Un mât permet de placer le rotor à une hauteur suffisante pour être entraîné par un vent plus fort et régulier qu'au niveau du sol. Il est généralement composé de 3 tubes s'imbriquant les uns dans les autres.

Une fondation assure l'ancrage au sol de l'ensemble, elle comprend des ferraillages, un massif-béton et une virole (ou cage d'ancrage, il s'agit d'une pièce à l'interface entre la fondation et le mat). Ses dimensions sont calculées au cas par cas, en fonction de l'éolienne, des conditions météorologiques et de la nature du terrain d'implantation qualifiée lors des études géotechniques menées en amont de la construction du parc. Les fondations les plus massives sont employées pour porter de manière gravitaire les éoliennes dans des terrains « mous » (argile par exemple). Leur forme peut varier : massif circulaire ou carré. Un système constitué de tiges d'ancrage, disposé au centre du massif de fondation, permet la fixation de la bride inférieure de la tour. La fondation est composée de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2.

1 : L'énergie cinétique est l'énergie créée par un mouvement.

Elément	Compo-sition	Matériaux usuels	Dimensions	Equipements internes
Rotor	3 pâles	Fibre de verre renforcée et fibre de carbone	Poids une pâle ~ 10 t Longueur une pâle = 58,5 m	Système de captage de la foudre
	1 moyeu	Acier	-	Système de commande (processeurs)
Nacelle	Châssis	Structure métallique	Longueur à la base : 4,5 m Longueur en partie haute : 3,20 m	Arbre de transmission Génératrice Multiplicateur Transformateur Convertisseur Onduleur Système de commande (processeurs) Armoire de commande (dont systèmes auxiliaires : moteurs, pompes, ventilateurs, appareils de chauffage) Câbles haute-tension Capteurs de vent
Mât	2 tubes	Acier	Tube inférieure : • Longueur : 20 m • Diamètre : 4 m Tube supérieure : • Longueur : 25 m • Diamètre : ○ 4 m à la base ○ 2,5 m en haut	Câbles électriques et fibres optiques Echelle/ascenseur/monte-charge Système de commande (processeurs) Panneaux de contrôle de l'automatisme Parfois des éléments électriques de puissance (transformateurs ou convertisseurs) pour alléger la nacelle Câbles haute-tension
Fondation	Massif en forme carrée ou circulaire	Béton armé Ferrailles	Poids ~ 1 000 t Diamètre ~ 20 m Profondeur ~ 3-4 m	/

Tableau 2 : Composition d'une éolienne



Carte 3 : Plan du projet

A-1.4.1.2. Fonctionnement d'une éolienne

Une éolienne transforme l'énergie du vent en énergie électrique. Cette transformation se fait en plusieurs étapes principalement par le couple rotor/nacelle.

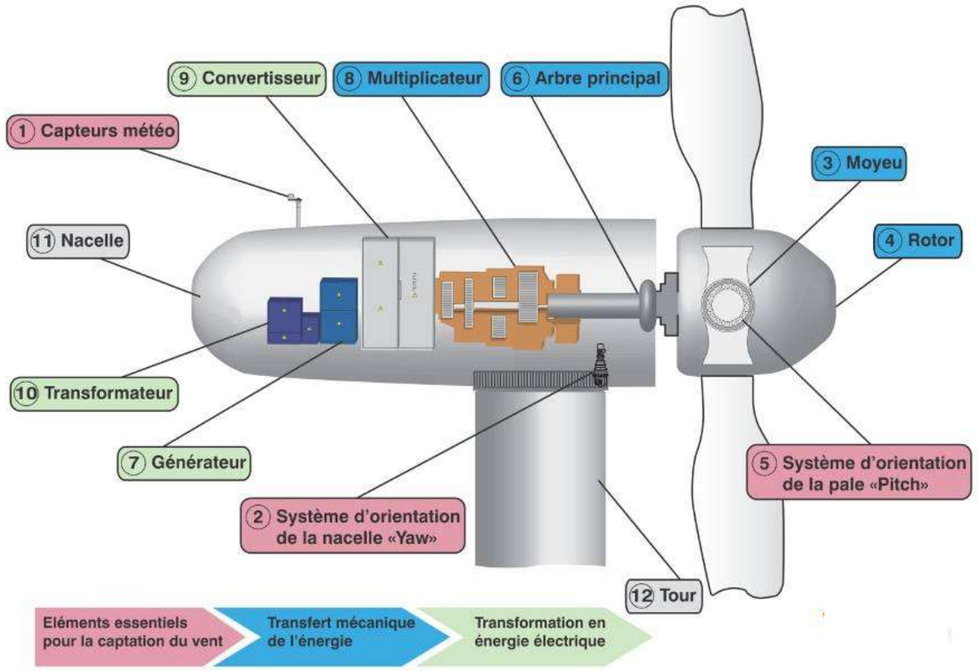


Figure 2 : Schéma descriptif du couple rotor/nacelle

a) La transformation de l'énergie éolienne par les pales

Quand le vent se lève, le capteur météo (1) informé par une girouette transmet au système d'orientation de la nacelle (2). Cet automate commande alors aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent.

Les trois pales, fixées au moyeu (3), se mettent en mouvement par la seule force du vent. Les pales fonctionnent sur le principe d'une aile d'avion : la différence de pression entre les deux faces de la pale crée une force aérodynamique, mettant en mouvement le rotor (4) par la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique.

Les pales sont orientables. L'angle des pales est contrôlé par le pitch (5)[2] de l'éolienne de manière à réguler la vitesse de rotation et le couple (mouvement mécanique) transmis à l'arbre principal (6).

b) L'accélération du mouvement de rotation grâce au multiplicateur

Les pales tournent à une vitesse relativement lente, de l'ordre de 5 à 15 tours par minute. Le générateur électrique transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. Mais la plupart des générateurs (7) ont besoin de tourner à très grande vitesse (de 1 000 à 2 000 tours par minute) pour produire de l'électricité.

C'est pourquoi, le mouvement lent du rotor est accéléré par un multiplicateur (8) (situé entre le rotor et le générateur).

Plus précisément, le rotor transmet l'énergie du vent au multiplicateur via un arbre lent (5 à 15 tours par minute). Le multiplicateur va ensuite entrainer un arbre rapide (de 1 000 à 2 000 tours par minute) et se coupler au générateur électrique. Un frein à disque est généralement monté directement sur l'arbre rapide.

c) La production d'électricité par le générateur

L'énergie mécanique transmise par le multiplicateur est transformée en énergie électrique par le générateur. Il délivre alors un courant électrique alternatif à la tension de 400 à 1 000 V maximum, dont les variations sont fonction de la vitesse du vent. Ainsi, lorsque cette dernière croît, la portance s'exerçant sur le rotor s'accentue et la puissance délivrée par la génératrice augmente.

d) Le traitement de l'électricité par le convertisseur et le transformateur

Cette électricité ne peut pas être utilisée directement :

- Sa fréquence est aléatoire/variable en sortie du générateur ;
- Sa tension est comprise entre 400 à 1 000 V (proportionnellement à la vitesse du vent).

Le convertisseur (9) de fréquence va permettre de stabiliser la fréquence du courant alternatif à 50 Hz, tel que requiert l'injection de ce courant sur le réseau d'électricité public.

Le transformateur (10) constitue l'élément électrique qui va élever la tension issue du générateur pour permettre le raccordement au réseau de distribution. Le transformateur permettra d'élever la tension à 20 000 V ou 33 000 V.

Le convertisseur et le transformateur peuvent être dans la nacelle ou bien dans le mât.

En sortie d'éolienne, l'électricité est alors acheminée à travers un câble enterré jusqu'à un poste de livraison, pour être injectée sur le réseau électrique, puis distribuée aux consommateurs les plus proches.

2 : Pitch (automate) = système d'orientation de la pale.

A-1.4.1.3. Production d'électricité et régulation de la puissance du vent

La production électrique varie selon la vitesse du vent. Concrètement une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation des pales. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne délivrera de l'électricité (jusqu'à atteindre le seuil de production maximum) :

- Lorsque le vent est inférieur à 3 m/s environ, l'éolienne est arrêtée car le vent est trop faible. Cela n'arrive que 15 à 20 % du temps selon les régions.
- Entre 3 m/s et 13 m/s, la totalité de l'énergie du vent récupérable est convertie en électricité, la production augmente très rapidement en fonction de la vitesse de vent[3].
- Entre 13 m/s et 25 m/s environ, l'éolienne produit à pleine puissance. A 13m/s, le seuil de production maximum est atteint. Les pales se mettent à tourner sur elles-mêmes afin de réguler la production. La production reste constante et maximale jusqu'à une vitesse de vent de 25 m/s.
- A partir de 25 m/s environ, l'éolienne est arrêtée progressivement pour des raisons de sécurité. Les pales sont mises en drapeau (parallèles à la direction du vent). L'éolienne ne produit plus d'électricité. Le rotor tourne alors lentement en roue libre et la génératrice est déconnectée du réseau.

Toutes ces opérations sont totalement automatiques et gérées par ordinateur. En cas d'urgence, un frein à disque placé sur l'axe permet de placer immédiatement l'éolienne en sécurité.

A-1.4.1.4. Respect des normes en vigueur

L'éolienne répondra aux normes en vigueur notamment celles de l'arrêté du 26 août 2011 :

- Conformément à l'article 8, les éoliennes du projet répondront aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale). Par ailleurs, l'installation fera l'objet d'un contrôle prévu à l'article R. 125-17 du code de la construction et de l'habitation.
- Conformément à l'article 9, l'installation sera mise à la terre. Les éoliennes respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 NF EN IEC 61 400-24, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale. De plus, Un rapport de contrôle d'un organisme compétent au sens de l'article 17 de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation attestera de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle.
- Conformément à l'article 10, les installations électriques à l'intérieur des aérogénérateurs respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur seront conformes aux normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale.

3 : Formule de Betz : La puissance fournie par une éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent et au carré des dimensions du rotor.

A-1.4.1.5. Les produits mis en œuvre

a) Préambule

Les produits mis en œuvre sont exclusivement liés au fonctionnement de l'éolienne. Ils sont utilisés pour la lubrification et le refroidissement de certains équipements. Les produits sont scellés dans l'équipement.
Aucun stockage de réserve n'est présent dans l'éolienne ou à proximité de celle-ci. Les produits présents se limitent donc à ceux présents dans les équipements en fonctionnement.

b) Lubrification

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle implique un graissage au démarrage et en exploitation afin de réduire les différents frottements et l'usure entre deux pièces en contact et, en mouvement l'une par rapport à l'autre.

Les éléments chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes sont notamment :

- Le liquide de refroidissement (eau glycolée) ;
- Les huiles de lubrification pour la boîte de vitesse ;
- Les huiles pour certains transformateurs ;
- Les huiles pour le système hydraulique du système de régulation ;
- Les graisses pour la lubrification des roulements ;
- Les divers agents nettoyants et produits chimiques pour la maintenance de l'éolienne.

Pour le parc éolien, les différents liquides utilisés sont confinés dans l'éolienne afin de limiter tout risque de fuite et de pollution externe.

c) Refroidissement

Le refroidissement des composants principaux de la nacelle (multiplicateur, groupe hydraulique, convertisseur, générateur) peut se faire par un système de refroidissement à air ou un système de refroidissement à eau.
De même, tous les autres systèmes de production de chaleur sont équipés de ventilateurs ou de refroidisseurs mais ils sont considérés comme des contributeurs mineurs à la thermodynamique de la nacelle.

A-1.4.1.6. Le balisage

Conformément à l'annexe II de l'arrêté du 23 avril 2018, les aérogénérateurs doivent disposés d'un balisage lumineux diurne et nocturne.

Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

Ces feux de mât devront être des feux d'obstacle de basse intensité de type B (rouges, fixes, 32 cd), et devront couvrir l'ensemble de l'azimut vers l'extérieur du champ d'éoliennes.

Les feux à éclats de même fréquence implantés sont synchronisés avec une tolérance admissible de plus ou moins 50 ms.

La fréquence des feux de balisage à éclats implantés sur les éoliennes terrestres non côtières est de 20 éclats par minute.

A-1.4.2. Le raccordement électrique

Le raccordement électrique comprend :

- Le raccordement électrique interne au parc éolien jusqu'au poste de livraison ;
- Le poste de livraison ;
- Le raccordement électrique externe au parc éolien.

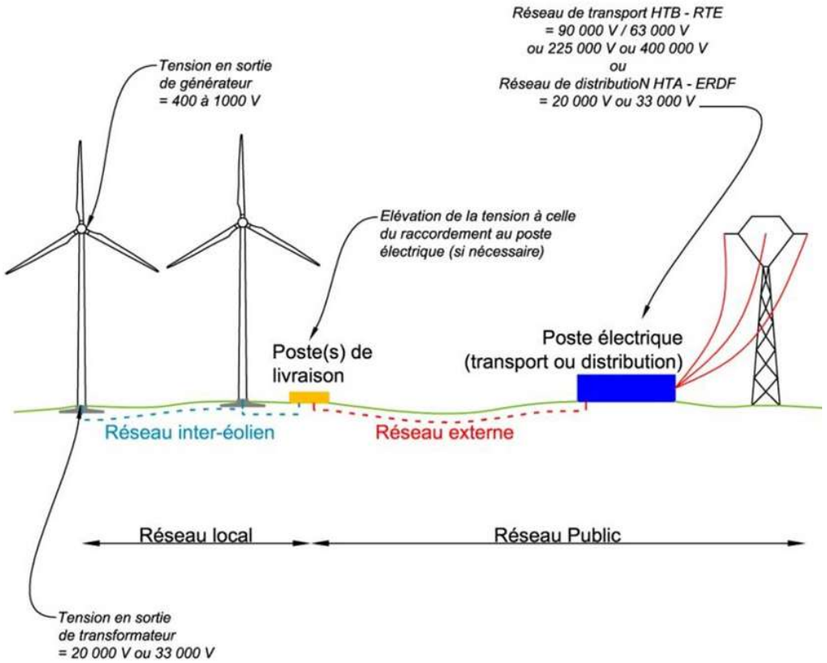


Figure 3 : Principe du raccordement électrique d'une installation éolienne

A-1.4.2.1. Raccordement interne au parc

Il existe des réseaux électriques entre les éoliennes et le poste de livraison. Ces réseaux sont constitués de 3 câbles torsadés d'une tension de 20 000 V (ou 33 000 V). Ils sont systématiquement enterrés à 80cm de profondeur (selon la norme NFC 13-200).

Les réseaux internes sont préférentiellement enfouis au droit ou en accotement des chemins d'accès. Afin d'optimiser les travaux, le réseau de fibre optique permettant la supervision et le contrôle des éoliennes à distance est inséré dans les tranchées réalisées pour les réseaux électriques internes.

Le raccordement électrique interne du parc représentera 3952 m de linéaire de câbles. Leur disposition est présentée sur la Carte 4 à la page 11.

A-1.4.2.2. Postes de livraison

Le poste de livraison matérialise le point de raccordement du parc au réseau public d'électricité. Il sert d'interface entre le réseau électrique en provenance des éoliennes et celui d'évacuation de l'électricité vers le réseau de distribution d'électricité.

Le poste doit être accessible en voiture pour la maintenance et l'entretien. Il doit donc être placé à proximité des chemins d'exploitations.

Le poste de livraison d'une dimension unitaire de l'ordre de 10 m (L) x 3 m (l) x 2,60 m (H) est positionné sur une dalle en béton de 154 m² en bord de route, au niveau des éoliennes E3 et E4. La localisation de ces éléments est présentée sur la Carte 4 à la page 11.

Le raccordement des éoliennes à ce poste de livraison, et du poste de livraison au poste source, se fera par un réseau électrique enterré, ne générant pas d'effet visuel.

A-1.4.2.3. Raccordement externe et poste électrique

a) Le poste électrique

Le réseau électrique externe relie le(s) poste(s) de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (ENEDIS). Il est lui aussi entièrement enterré.

Dans le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3REnR), il est mentionné trois postes source dans les environs du projet (cf. tableau ci-dessous).

Poste Source	Distance à la ZIP	Puissance EnR déjà raccordée	Puissance des projets en service du S3REnR en cours	Puissance des projets EnR en développement	Capacité réservée au titre du S3REnR qui reste à affecter
Saint-Nicolas-du-Pélem	6,7 km	28,2 MW	12,4 MW	49,4 MW	0,2 MW
Rostrenen	13 km	44 MW	6,7 MW	16,7 MW	0,9 MW
Mûr de Bretagne	13 km	16,8 MW	3,6 MW	10,4 MW	4,4 MW

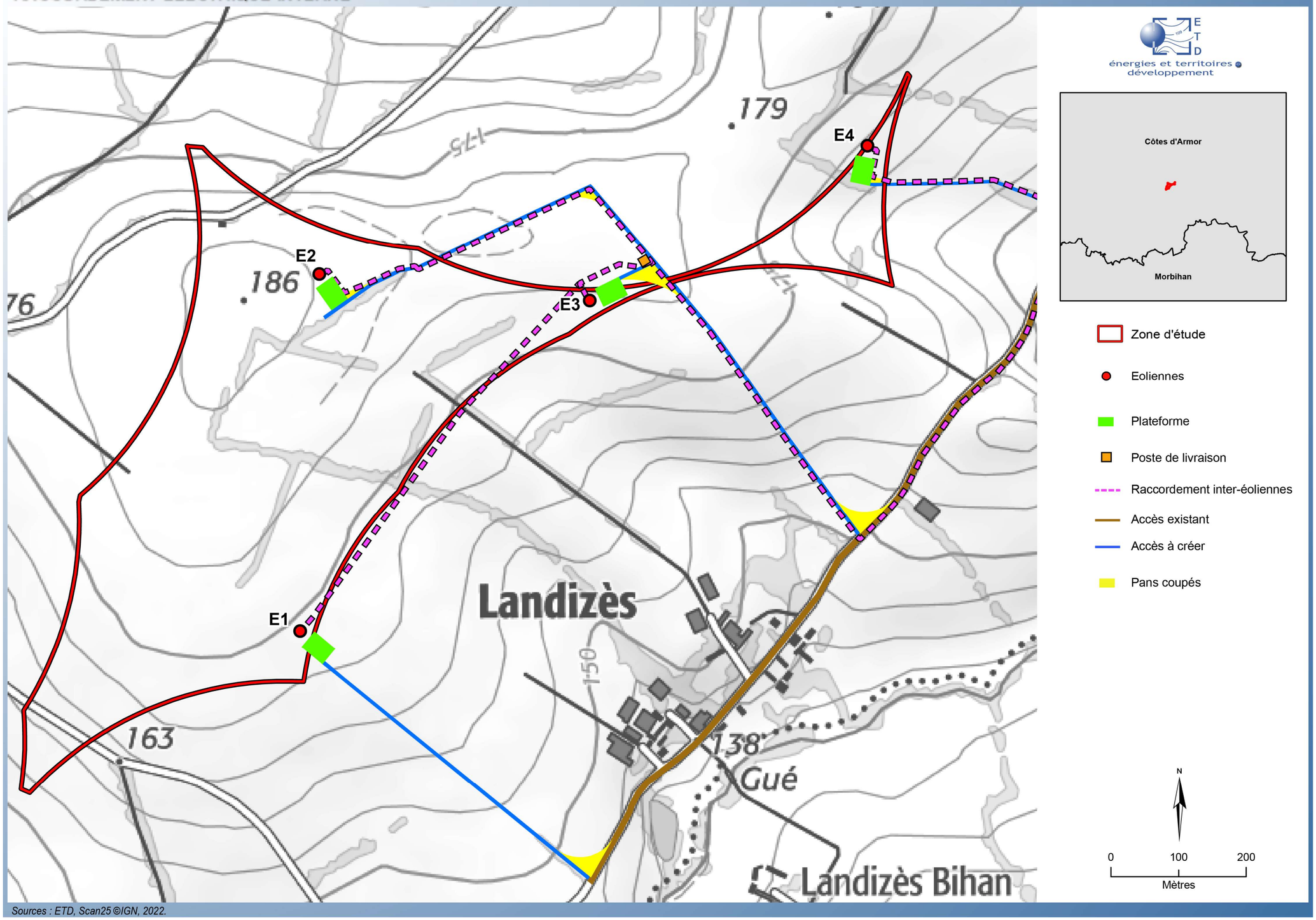
Tableau 3 : Postes sources dans l'environnement du projet éolien (source : Caparéseau le 31/10/2022)

A ce stade, aucun poste électrique n'est retenu pour le raccordement du projet.

b) Le tracé de raccordement

Les tracés prévisionnels des liaisons de raccordement figurent sur la Carte 5 à la page 12. Le linéaire de câblage envisagé est de 18 km maximum. L'étude exploratoire pour le raccordement est à réaliser par le gestionnaire du réseau (ENEDIS), bien qu'il soit à la charge financière du porteur de projet. Le tracé et les caractéristiques de l'offre de raccordement seront définis avec précision lors de l'étude détaillée, qui ne pourra être réalisée qu'après l'obtention des autorisations nécessaires. Afin de minimiser les impacts, cette liaison se fera préférentiellement le long des routes ou des chemins.

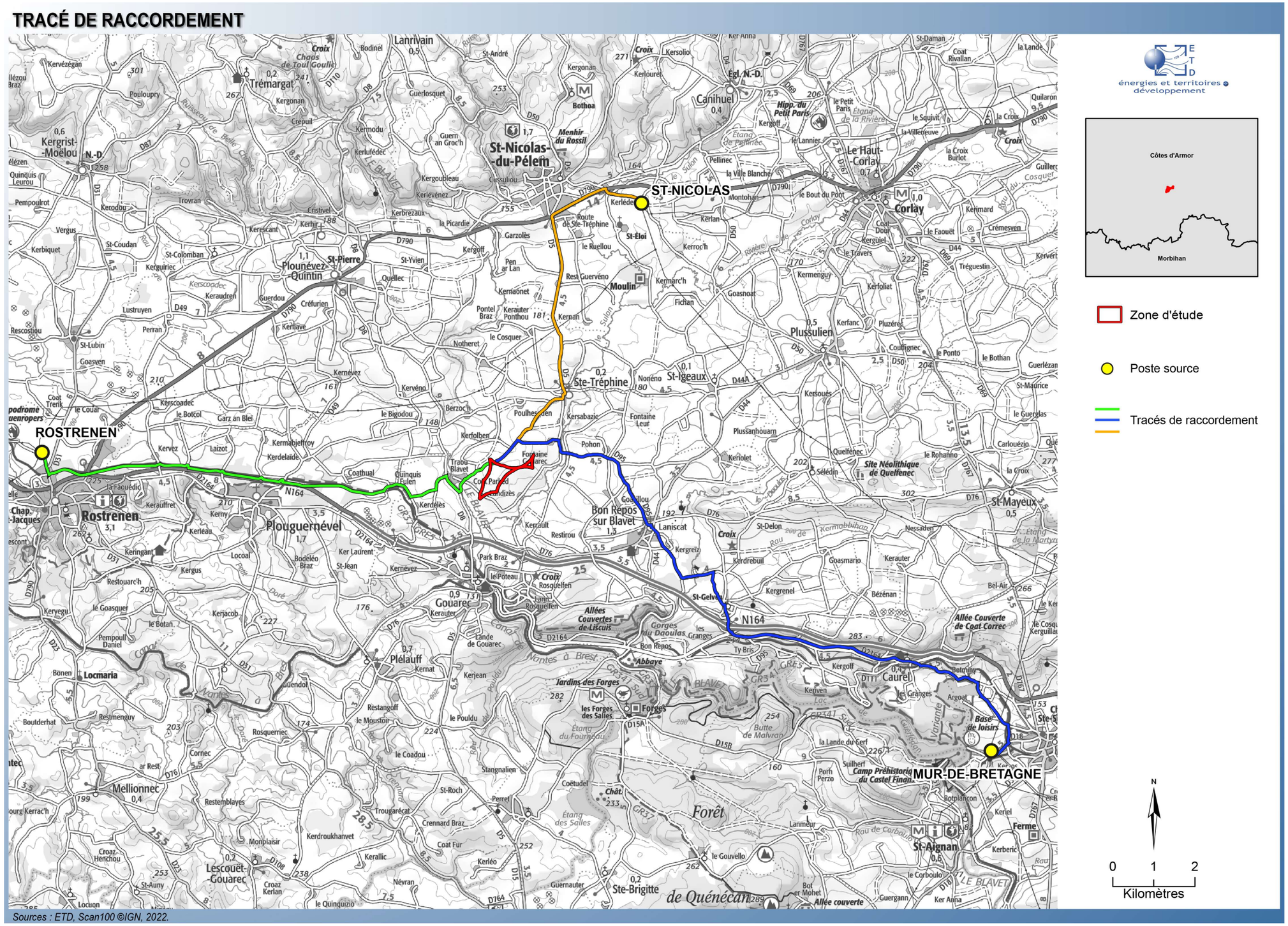
RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE INTERNE



Sources : ETD, Scan25 ©IGN, 2022.

Carte 4 : Tracé des connexions inter-éoliennes

TRACÉ DE RACCORDEMENT



Carte 5 : Tracé de raccordement envisagé

A-1.4.3. Voiries et réseaux divers

A-1.4.3.1. Les voies d'accès

Comme nous venons de le voir, les éoliennes sont de grande dimension. Aussi, pour créer un parc, il est nécessaire d'assurer l'acheminement des différents éléments jusqu'aux éoliennes. Les pales, le mât (3 tubes généralement s'imbriquant les uns dans les autres) et la nacelle nécessitent des convois exceptionnels. La prise en compte de l'accessibilité au site est donc un élément déterminant pour assurer la bonne réalisation du chantier.

A-1.4.3.2. Desserte inter-éolienne et plateformes de levage

a) Le principe

La desserte routière inter-éolienne s'appuie préférentiellement sur le réseau de voiries et de chemins existants (chemins ruraux, communaux, agricoles ou forestiers). Le but est de minimiser les effets du projet. Toutefois, certains accès devront être renforcés, aménagés voire créés afin d'accéder aux éoliennes. Au pied de chaque éolienne, une plateforme de levage sera également aménagée.

Ces aménagements (pistes et plateformes) sont conservés pendant l'exploitation de l'installation afin de pouvoir intervenir sur les éoliennes (entretien, maintenance et réparation).

Le site doit disposer en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu et les abords de l'installation, placés sous le contrôle de l'exploitant, sont maintenus en bon état de propreté en conformité avec l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011.

b) La desserte inter-éolienne

Le tracé

Pour desservir les différentes éoliennes que ce soit en phase de construction ou d'exploitation un réseau de voiries doit permettre d'accéder à chaque équipement.

Le projet s'appuiera sur le réseau de chemins existants qui seront simplement renforcés pour permettre le passage des véhicules.

Le tracé est présenté sur la Carte 4 à la page 11.

Les surfaces

Les emprises des voiries/chemins sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Caractéristiques	Chemins existants à renforcer	Chemins à créer
Longueur (m)	364	1808
Largeur (m)	5,5	5,5
Surface (m²)	2002	9944
Surface totale (m²)	11947	

Tableau 4 : Emprises des pistes de voirie

Des aménagements temporaires de certains virages pourront être nécessaires (pans coupés), pour permettre l'accès de certains convois exceptionnels de la construction du parc. Ces surfaces temporaires représentent environ une superficie de 3437 m²).

c) Les plateformes

Des plateformes seront aménagées au niveau de chaque éolienne, elles permettront :

- En phase chantier :
  - L'accès et la manœuvre des véhicules de terrassement et de fourniture de béton pour la construction de la fondation de l'éolienne ;
  - L'implantation des différentes grues et le stockage des éléments pendant la phase d'assemblage de l'éolienne ;
- En phase d'exploitation :
  - L'accès et le stationnement des véhicules de maintenance à proximité immédiate de l'éolienne ;
  - L'accès à une grue pour le transfert d'éventuelles pièces de rechange vers la nacelle ou le changement de pale.

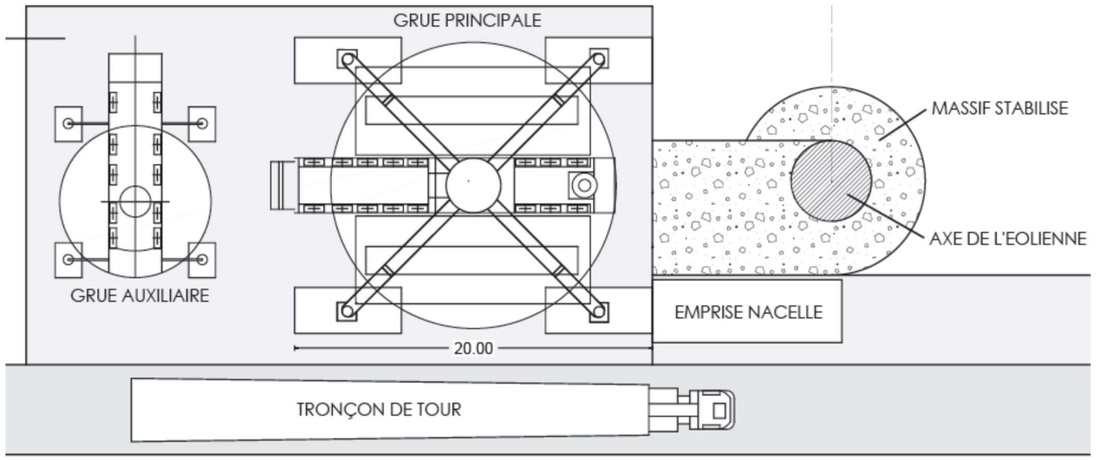


Figure 4 : Schéma de principe d'un aménagement d'une plateforme de levage

Les dimensions des différentes plateformes sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Eolienne	Superficie de la plateforme
E1	4800 m²
E2	4800 m²
E3	4800 m²
E4	4800 m²
Total	19200 **m²**

Tableau 5 : Surfaces des plateformes

Chaque plateforme sera associée à une plateforme temporaire permettant d'accueillir les pales pour une superficie totale de 3777 m².

A-1.4.4. Synthèse des principales caractéristiques du projet

Les principales caractéristiques du projet sont synthétisées dans le tableau ci-dessous. Les données présentées ici correspondent aux données en phase d'exploitation (valeurs constantes pendant la durée d'exploitation du projet).

Elément		Quantité	Dimension unitaire	Total	Commentaire
Eoliennes	Puissance max	4	2,99 à 4,2	11,96 à 16,8	La production annuelle attendue est de 30 GWH, soit la consommation annuelle équivalente d'environ 7142 foyers.
	Hauteur mât	-	91 à 92 m	-	
	Longueur pale	-	58,5 m	-	
	Hauteur totale	-	150 m	-	
Raccordement électrique (linéaire de câblage)	Raccordement interne	-	-	3952 m	-
	Raccordement externe	-	-	18 km	-
Emprise foncière	Plateformes définitives	4	4800 m²	19200 m²	-
	Massif des éoliennes	4	0 m²	0 m²	
	Poste de livraison	1	-	154 m²	La superficie correspondant à la dalle béton accueillant le poste de livraison
	Chemins	-	-	11947 m²	-

Tableau 6 : Synthèse des principales caractéristiques du projet

A-2. CONSTRUCTION DU PARC EOLIEN

A-2.1. PHASAGE DES TRAVAUX

La construction d'un parc éolien est de l'ordre de 12 mois. Les principaux travaux ayant lieu au cours de ce chantier sont :

- Travaux préparatoires ;
  - Débroussaillage, défrichement ;
  - Mise en place de la base vie ;
- Travaux principaux sur terrain naturel défriché :
  - Terrassement, création des voiries, travaux génie civil ;
  - Terrassements création des plates-formes et de la zone d'implantation du massif ;
  - Réalisation des massifs ;
  - Pose câblage électrique et mise en place du poste de livraison ;
- Travaux secondaires sur terrain aménagé ;
  - Séchage des massifs ;
  - Remblaiement des massifs ;
  - Connexion électrique inter-éoliennes ;
  - Remise en état du site ;
  - Raccordement au réseau électrique public ;
- Eoliennes ;
  - Transport des éoliennes ;
  - Montage éoliennes ;
  - Raccords et essais, avant mise en service.

Certains de ces travaux (défrichement, terrassement et montage des éoliennes notamment) sont susceptibles d'avoir un impact fort, pour le milieu naturel suivant la période de l'année. Le bureau d'études naturalistes Calidris a donc défini les périodes à éviter pour la réalisation de ces travaux afin de réduire au maximum leurs impacts. La période à éviter correspond à la période de reproduction qui commence du 1er avril au 31 août pour le terrassement et du 1er décembre au 28 février pour les travaux d'abattage liés au raccordement entre l'éolienne E1 et E3.

Sur la base de ces éléments, la planification du chantier de construction du parc éolien sera adaptée afin de maintenir les opérations de débroussaillage/défrichement, terrassement et montage d'éoliennes dans les périodes à privilégier.

A-2.2. PREPARATION DU CHANTIER

A-2.2.1. Débroussaillement/défrichement

L'aire d'étude étant strictement en zone agricole entretenue aucun débroussaillage ni défrichement ne sera nécessaire.

A-2.2.2. Installation de la base vie

L'installation d'une base vie est un préalable à l'ouverture du chantier. Cette base comprend les infrastructures d'accueil et de coordination des différentes entreprises et corps de métier qui interviendront sur le chantier. Elle permet également de centraliser certains équipements.

Une base vie type de chantier de construction de parc éolien terrestre comprend les éléments suivants :

- Des bureaux ;
- Des vestiaires ;
- Des sanitaires ;
- Des bungalows divers : salles de pause, infirmerie, stockage de petits matériels, … ;
- Une benne à déchets ;
- Une zone de stationnement de véhicules légers.

La base vie du projet aura une emprise de l'ordre de 1 000 m², incluant les aires de stationnement. La base vie est conçue pour être démontée rapidement en fin de chantier et faciliter la remise dans son état initial du site d'implantation. De ce fait, l'ensemble des installations de chantier sera constitué de préfabriquées à usage temporaires qui seront simplement posés à même le sol sur le site. Aucune fondation ou voirie bitumée/bétonnée ne sera réalisée.

L'emplacement de la base vie sera déterminé dans les mois précédant le début du chantier de construction, en tenant compte notamment :

- De la disponibilité foncière ;
- Des contraintes agricoles ;
- De la proximité du chantier ;
- De la facilité d'utilisation, c'est-à-dire un terrain apte à l'installation de la base vie sans aménagement lourd : déboisement, terrassement notamment. Il s'agira idéalement d'un terrain déjà aménagé ;
- De la présence de réseaux (eau potable, eau usée, électricité, télécom,) à proximité ;
- De l'accès aux voies de circulation menant aisément au chantier : absence d'agglomération ou de carrefour à forte circulation à traverser par exemple.

En l'absence de connexion possible avec des réseaux pré-existants, des aménagements liés aux nécessités de la base vie seront mis en place. A ce titre pourront être installés :

- un groupe électrogène assurant la production d'électricité ;
- une citerne d'eau potable, l'eau serait acheminée sur la base-vie par des camions citernes ;
- un bac, de récupération des eaux usées, enterré (ces eaux seront ensuite acheminées vers des stations d'épuration) ;
- une liaison Internet, afin de faciliter les échanges et la communication.

Des dispositions devront être prises afin d'assurer un espace suffisant pour le stationnement des véhicules et une signalisation à l'approche et aux abords du site localisant cet espace devra être implantée.

A-2.3. LA CONSTRUCTION DU PARC

A-2.3.1. Les travaux de génie civil

A-2.3.1.1. La préparation des pistes d'accès et des plateformes des éoliennes

La construction d'un parc éolien nécessite la préparation des terrains qui seront utilisés pour l'implantation et l'acheminement des éoliennes.

Pour répondre à la charge des convois exceptionnels d'acheminement des pièces d'éoliennes, certains chemins agricoles existants, non prévus pour accueillir du trafic routier, seront redimensionnés, renforcés voire créés.

Concernant les plateformes, la terre végétale est retirée et stockée sur site afin de la réutiliser pour la remise en état après le chantier. Ensuite, le sol est décapé sur 20 à 50 cm afin de trouver un sol avec une portance suffisante. 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 et/ou de remblais. Dans le cas contraire, ils seront évacués du site.

La réalisation des travaux nécessitera l'aménagement d'emprise spécifique pour le stockage de matériel (ou la manœuvre de véhicules.

Ces éléments sont présentés sur la Carte 3 à la page 7.

Photo 1 : Décapage du sol

Enfin, une bâche textile puis une couche de 30 à 40 cm de GNT[4] seront déposées.

Photo 2 : Pose d'une bâche textile et de graves concassées

L'ensemble sera ensuite nivelé et compacté.

Photo 3 : Nivellement

Photo 4 : Voie d'accès terminée

4 : Graves Non Traitées.

La largeur des voies d'accès au site sera de 5,5 m en ligne droite. Dans les virages, des surlargeurs (ou pan coupés) devront être créées.

La pente maximale des pistes d'accès est limitée à 12% par les constructeurs d'éoliennes. Au-delà de 9% un revêtement cohésif (bitume ou béton) est requis. Aucune pente de ce niveau n'est présente sur le site du projet, il n'y aura donc pas de nécessité de revêtement cohésif.

De même, pour permettre l'acheminement des éoliennes par les engins, certains virages des chemins existants devront être réaménagés.

A-2.3.1.2. La réalisation des fondations

La création des fondations pourra se faire uniquement après la réalisation des expertises géotechniques. Ainsi, les dimensions et le type de ferraillage des fondations seront déterminés en fonction des caractéristiques et des particularités des terrains sur lesquels est envisagé le projet.

Une pelle-mécanique interviendra dans un premier temps afin d'excaver le sol sur un volume déterminé. Les fondations seront creusées sur une profondeur de 3 à 4 m et sur la largeur de la fondation augmentée de quelques mètres pour permettre aux équipes de poser le ferraillage.

Photo 5 : Excavation

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

Un béton de propreté d'environ 10 cm sera réalisé au fond de l'excavation (soit environ 50 m^3 de béton par éolienne), puis des opérateurs mettront en place un ferraillage et une virole (ou cage d'ancrage, il s'agit d'une pièce d'interface entre la fondation et le mât qui sera boulonné).

Photo 6 : Béton de propreté

Photo 7 : Ferraillage

Enfin, des camions-toupies déverseront les volumes de béton nécessaires. Pour une fondation, 1000 tonnes de béton seront coulées en continu dans un temps très court (de l'ordre d'une journée).

Photo 8 : Coulage du béton

Une fois le béton coulé, l'ensemble sera recouvert, afin de ne laisser dépasser que la virole ou la cage d'ancrage.

Photo 9 : Fondation terminée

Un temps de séchage d'un mois environ est nécessaire avant de poursuivre le montage de l'éolienne. Les fondations seront contrôlées par un organisme vérificateur avant le montage de l'éolienne.

A-2.3.2. Le raccordement électrique interne au parc éolien

A-2.3.2.1. La pose des câbles enterrés inter-éoliennes

Les travaux de réseaux électriques internes seront réalisés simultanément aux travaux des pistes afin de limiter les impacts. Une pelle mécanique permettra de créer les tranchées (profondeur 80 cm à 1 m) pour le passage des câbles en souterrain.

Photo 10 : Excavation

Photo 11 : Sablage

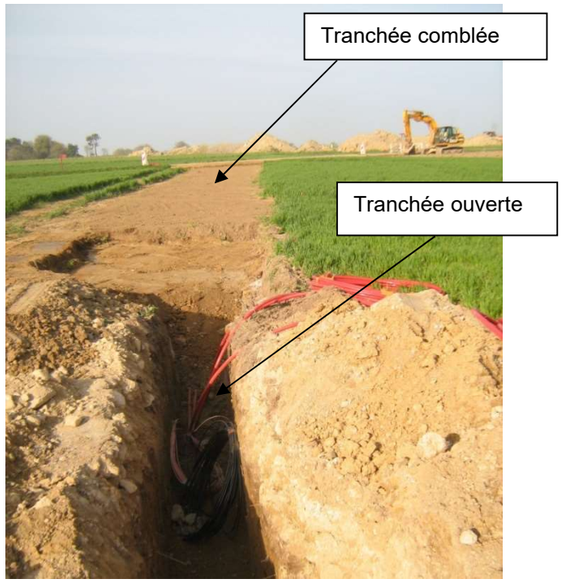


Photo 12 : Tranchée équipée

A-2.3.2.2. Le raccordement du poste de livraison

Les câbles électriques issus des éoliennes sont raccordés au poste de livraison. Celui-ci adaptera la tension du courant produit à celle du réseau public de distribution d'électricité.

Le poste de livraison est préfabriqué en usine, puis amené sur site par camion, il est installé à l'aide d'une grue, puis connecté d'un côté au réseau du parc éolien et de l'autre au réseau public.

La connexion au réseau HTB sera réalisée par l'exploitant de ce réseau, à savoir ENEDIS.

Photo 13 : Pose d'un poste de livraison

A-2.3.3. Le raccordement électrique externe

A-2.3.3.1. *Préambule*

La pose du câble reliant le poste de livraison au réseau HTA via le poste source est réalisée sous la maîtrise d'ouvrage d'ENEDIS. Toutefois, depuis l'ordonnance 2016-1058 du 3 août 2016, l'article L.122-1 du code de l'environnement prévoit que les incidences sur l'environnement d'un projet dont la réalisation est subordonnée à plusieurs autorisations sont appréciées lors de la délivrance de la première autorisation.

Le câble issu des postes de livraison, d'une tension de 20 000 V, sera donc raccordé à un poste source situé à proximité (cf. paragraphe A-1.4.2.3 à a la page 10). Le tracé de cette liaison, d'une longueur maximale de 18 km est présenté sur la Carte 5 à la page 12.

A-2.3.3.2. La pose en bord de route

a) Généralités

La profondeur des tranchées sera adaptée en fonction du profil du terrain. Ainsi, pour la traversée des zones agricoles, la profondeur sera ajustée de manière à ne pas gêner l'activité. Dans les secteurs urbains, la profondeur variera suivant les réseaux existants.

Un grillage avertisseur sera disposé au-dessus des câbles pour signaler la présence du réseau lors de travaux ultérieurs.

Les distances de voisinage et de croisement avec les autres réseaux souterrains (canalisations d'eau, de gaz, d'électricité, ligne télécom, …) respecteront les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001.

b) Pose mécanisée en pleine terre

Ce type de pose, principalement en accotement de route, sous chemin rural ou en zone agricole, permet la mise en place simultanée de deux liaisons. Le sous-sol ne doit pas être encombré par d'autres réseaux.

La pose mécanisée est un moyen continu et mécanique d'enfouir un réseau en effectuant une tranchée de faible largeur, tout en y déposant simultanément et de manière automatique les câbles. Le remblaiement final et le compactage sont assurés par des moyens traditionnels au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Les trancheuses sont équipées d'un système de déport qui permet également de travailler en accotement dans des endroits étroits, peu accessibles ou déjà encombrés par des réseaux.

Photo 14 et Photo 15 : Trancheuse à l'arrêt et en action

c) Pose en tranchée ouverte en pleine terre (ouvrage de liaison)

Ce type de pose est limité aux courbes prononcées du tracé pour lesquelles la pose mécanisée n'est pas envisageable. Ce mode de pose permet donc de raccorder deux tronçons réalisés en pose mécanisée.

La tranchée est creusée à la pelle mécanique, la pose des câbles est effectuée par un tracteur équipé d'un touret. La tranchée est refermée avec la terre déblayée en respectant l'ordre initial des couches de terre.

A-2.3.3.3. La pose sous obstacle (forage horizontal dirigé)

Le forage dirigé horizontal permet de faire passer un câble sous un obstacle (route, voie ferrée, cours d'eau, …) sans avoir à réaliser de tranchée et donc sans interférence avec l'obstacle.

Le forage dirigé s'opère en trois étapes principales :

- Creusement d'un point de départ pour le câble et préparation du câble ;
- Réalisation d'un « tir » pilote jusqu'au point de départ du câble;
- Elargissement (alésage) du passage et tirage du câble (suivant la nature du terrain et le diamètre du câble, ces deux opérations peuvent être dissociées) ;

Une ouverture présentant une pente vers la rivière est réalisée dans le sol à la pelle mécanique. Cette ouverture permettra d'accueillir le « tir pilote » et de préparer les câbles (cf. schéma et photographie ci-dessous).

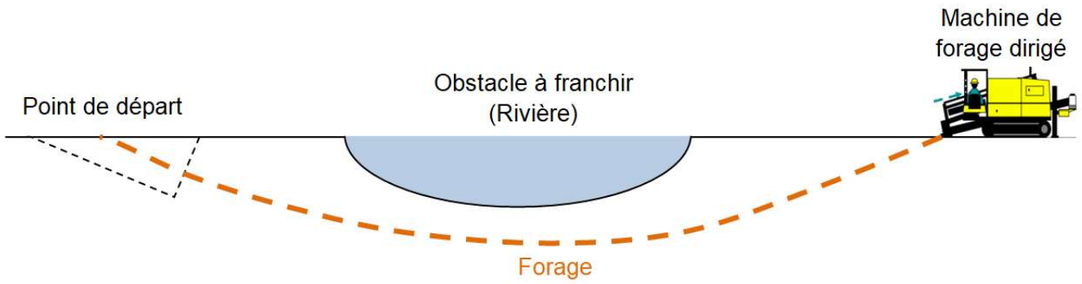


Figure 5 : principe du forage dirigé

Photo 16 : Exemple de point de départ avec canalisation engagée

A-2.3.4. Le montage des éoliennes

A-2.3.4.1. Le stockage des éléments des éoliennes

Ensuite chacun des éléments constituant une éolienne (sections de tour en acier ou béton, nacelle et pales) sera transféré, via les chemins aménagés, sur la plateforme spécialement aménagée près de chacune des fondations.

Photo 17 : stockage des éléments de l'éolienne sur la plateforme à proximité de la fondation

De grandes précautions seront prises afin d'éviter toute contrainte durant le déchargement. Le stockage des éléments sera de courte durée afin d'éviter toute détérioration.

A-2.3.4.2. L'installation des éoliennes

Le montage de l'éolienne est effectué au moyen d'une grue principale ayant une capacité de levage de 500 à 1000 t à une hauteur équivalente à la hauteur du mât plus 20 m. 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.

Il est ensuite procédé au montage des éléments préfabriqués du mât sur la fondation.

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

- Soit, dans un environnement dégagé, le rotor et les pales peuvent être assemblés au sol puis l'ensemble de l'hélice 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.

Photo 18 : montage des éléments de la tour

Photo 19 : montage de la nacelle

Photo 20 : assemblage du rotor au sol

Photo 21 : montage du rotor

Photo 22 : montage pale par pale

A-2.3.5. Test et mise en service

Après le montage et les raccordements aux réseaux électriques (quelle que soit la configuration retenue), une phase de mise en service regroupe différents tests pour valider le bon fonctionnement des machines. Ces essais comprennent :

- Un arrêt ;
- Un arrêt d'urgence ;
- Un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

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

A-2.3.6. Remise en état

Une fois l'ensemble du chantier terminé, le site sera remis en état :

- Restitution et remise dans l'état d'origine des emprises temporaires ;
- Remis en état des accotements ;
- Retrait des installations temporaires ;
- Nettoyage du chantier.

A-2.4. MODALITE DE GESTION DES EFFLUENTS/DECHETS ET ENTRETIEN DES ENGINS DE CHANTIER

A-2.4.1. Les consommations

Les consommations du chantier seront essentiellement liées au carburant des véhicules.

Il n'y aura aucun stockage de carburant sur site. Les véhicules routiers feront leur approvisionnement en carburant en dehors du chantier dans des stations-service autorisées. Les véhicules non routiers, quant à eux, seront alimentés périodiquement à l'aide d'un camion-citerne. Un kit anti-pollution sera disposé à proximité du camion afin de parer à tout épandage accidentel.

Les opérateurs de chantier s'engageront à n'utiliser que des véhicules en bon état n'émettant pas d'hydrocarbures dans l'environnement. Tout véhicule contrevenant serait exclu du chantier, et la société incriminée devra traiter, à ses frais, les pollutions engendrées.

Il y a aura une légère consommation d'eau pour les sanitaires.

A-2.4.2. Les émissions

A-2.4.2.1. Les rejets atmosphériques

En phase de construction les émissions sont liées aux machines utilisées :

- Bruit émis par les camions et les machines (engins de terrassement, grues, …) ;
- Gaz d'échappement émis par les camions et les machines ;
- Poussières ou boue pouvant être émise par les véhicules en circulation suivant les conditions météorologiques ;
- Eventuelles égouttures d'hydrocarbures (huile, carburant) générées par les véhicules.

Concernant les gaz à effet de serre, leurs émissions sont essentiellement liées à la fabrication des équipements de l'éolienne, mais aussi au chantier de construction et démantèlement du projet.
Le taux d'émission de gaz à effet de serre moyen de l'éolien terrestre est de 12,7 g d'équivalent CO_2 par kWh produit. Par comparaison, celui du mix électrique français est de l'ordre de 80 g CO_2 eq/kWh (source : Base carbone de l'ADEME).

A-2.4.2.2. Les rejets aqueux

Le chantier de construction ne génère directement aucun rejet aqueux.

Les seuls rejets aqueux sont liés aux eaux sanitaires des équipes intervenantes comme sur tous les chantiers.

Des toilettes de chantier préfabriquées seront disposées au niveau de la base vie. L'ensemble des effluents sera collecté dans un réservé prévu à cet effet dans l'équipement. Ce réservoir sera pompé périodiquement et les effluents traités par une société agréée.

A-2.4.2.3. Les déchets

Le chantier sera source de production de déchets. Le tableau suivant présente les principaux types de déchets produits lors du chantier.

Etape du chantier	Type de déchet	Modalité de stockage
Fondations	Ligatures, ferrailles	Benne à déchets
	Béton (zones de lavage des toupies)	Fosse de lavage toupies avec géotextile
Montage des éoliennes	Huiles usagés	Container étanche
	Emballages	Benne à déchets
	Palettes de bois	Benne à déchets
Raccordement électrique	Chute de câbles en aluminium ou en cuivre	Benne à déchets
Remise en état	Eventuellement la terre décaissée non utilisée	Stockage en tas ou en merlon

Tableau 7 : Type de déchets produits lors du chantier de construction

Les déchets seront stockés en bennes fermée avant évacuation et traitement par une société agrée.

A-3. FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE DU PARC EOLIEN

A-3.1. FONCTIONNEMENT

A-3.1.1. Pilotage et surveillance

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. Le parc éolien, comprenant de nombreux automates, est raccordé à un centre d'exploitation à distance. Le suivi de l'installation est donc permanent (24h/24 et 7j/7), notamment sa productivité, les éventuels disfonctionnements…

Le fonctionnement automatisé du parc éolien permet :

- D'optimiser la production du parc : placer le nez des éoliennes face au vent, mise en place du système en cas de givre (pales chauffantes), etc.
- D'assurer la sécurité de l'installation : transmission des informations sur le fonctionnement de chaque éolienne au centre de supervision de l'exploitant, arrêt automatique des éoliennes au-delà d'un seuil de vent fort, notamment lors de rafales, etc.
- D'adapter le fonctionnement du parc éolien en fonction des mesures environnementales telles que les systèmes d'asservissement (bridage, régulation, effarouchement d'oiseaux) liés aux obligations réglementaires et/ou environnementales (acoustique, avifaune, chiroptères, etc.).

A-3.1.2. Systèmes d'asservissement des éoliennes

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 pour respecter les obligations réglementaires ou les engagements environnementaux pris (acoustique, chiroptères, avifaune, etc.).

Ces systèmes d'asservissement sont des mesures de réduction d'impact mises en place au cas par cas lorsque cela s'avère nécessaire.

Les systèmes d'asservissement sont prévus dans le cadre du projet : des mesures d'arrêt et / ou de bridage du parc sont préconisées sur les plans acoustiques et des chauves souris.

Sur le plan acoustique, en fonction des vitesses et des directions de vent, certaines éoliennes peuvent nécessiter un fonctionnement en mode bridé en période nocturne et dans certains cas, une éolienne sera mise à l'arrêt afin de respecter la réglementation en vigueur.

Un mode de régulation "chauves souris" (arrêt des éoliennes) peut également être nécessaire à certaines périodes de l'année et à certaines heures de la journée en fonction des conditions atmosphériques.

A-3.1.3. Les consommations et émissions des éoliennes en fonctionnement

A-3.1.3.1. Les consommations

La consommation des éoliennes est exclusivement électrique, le projet ne consomme pas donc d'eau, ni d'air comprimé ou d'autres énergies ou ressources.

Cette consommation électrique correspond :

- A la gestion des équipements électriques de conduite de l'éolienne ;
- Les dispositifs de refroidissement de certains équipements ;
- La supervision à distance de l'éolienne ;
- Le balisage lumineux (cf. paragraphe A-1.4.1.6 à la page 9) ;
- Suivant le cas, le dégivrage des pales.

La puissance cumulée de ces équipements est faible, elle est de 2,5 kW sans le dégivrage des pales, et de 150 kW avec le dégivrage.

Lors des périodes d'arrêts, les équipements non indispensables sont automatiquement déconnectés, afin de réduire la consommation.

A-3.1.3.2. Les émissions

a) Les émissions hors GES

En dehors de l'énergie produite, les émissions des éoliennes en fonctionnement sont :

- Le bruit généré par les pales en mouvement ;
- Les vibrations dans le sol ;
- La lumière émise par le balisage lumineux obligatoire.

Il n'y a donc aucun rejet d'eau, de fumées, de particules de gaz, ou d'odeur. Les déchets, quant à eux, ne sont générés que lors des phases de maintenance (cf. paragraphe A-3.2.3 à la page 24).

b) Les gaz à effet de serre (GES)

Les émissions de CO_2 des éoliennes ne sont pas liées à leur fonctionnement, mais à la construction des équipements et aux phases de construction et démantèlement. Ce point est détaillé au paragraphe A-2.4.2.1 à la page 22.

A-3.2. MAINTENANCE

A-3.2.1. Maintenance programmée

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

A-3.2.1.1. 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.

A-3.2.1.2. Maintenance périodique biannuelle

Le retour d'expérience des nombreuses éoliennes mises en service à travers le monde, l'analyse fonctionnelle des parcs éoliens et l'analyse des diverses défaillances ont permis de définir des plans de maintenance permettant d'optimiser la production électrique des éoliennes en minimisant les arrêts de production.

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 connections 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.).

Le parc éolien fera également l'objet de contrôles spécifiques supplémentaires :

- Contrôle des huiles des parties mécaniques (tous les ans) ;
- Contrôle du serrage de l'ensemble des boulons d'assemblage, par échantillonnage (tous les 3 ans) ;
- Analyse vibratoire des machines tournantes.

La maintenance préventive des éoliennes a pour but premier de réduire les coûts d'interventions et d'immobilisation des éoliennes. En effet, grâce à l'optimisation et à la programmation des arrêts destinés à la maintenance, les pièces d'usures sont analysées (et éventuellement remplacées) avant que ne survienne une panne. Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts.

A-3.2.2. Communication et interventions non programmées

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 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 risque 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 site.

Les alarmes majeures associées à un arrêt automatique sans redémarrage à distance possible, correspondent à des situations de risque potentiel pour l'environnement, tel que présence de givre, fumées dans la nacelle, etc.

A-3.2.3. Les déchets générés par la maintenance

Les déchets générés par la maintenance correspondent aux produits présents dans l'installation qui sont périodiquement renouvelés, ainsi qu'à quelques produits d'entretien très faible quantité (huile, dégrippant, solvant, …) ainsi que quelques chiffons souillés.

Lors de phases de maintenance, ces déchets sont immédiatement triés et conditionnés dans des réceptacles adaptés et évacués immédiatement par l'équipe de maintenance.

Il n'y a aucun stockage de déchets dans l'éolienne ou à proximité.

Les déchets évacués par l'équipe de maintenance sont regroupés au centre d'exploitation pour évacuation et traitement par une société agréé.

A-4. DEMANTELEMENT DU PARC EOLIEN ET REMISE EN ETAT DU SITE

A-4.1. DEMANTELEMENT ET REMISE EN ETAT PAR L'EXPLOITANT

En fin de vie du parc, les éoliennes du parc seront démantelées et le site remis en état. Les obligations de l'exploitant d'un parc éolien sont spécifiées dans l'article 29 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent soumis à autorisation :

- le démantèlement des installations de production d'électricité ;
- le démantèlement des postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison. Dans le cadre d'un renouvellement dûment encadré par arrêté préfectoral, les postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison peuvent être réutilisés ;
- l'excavation de la totalité des fondations jusqu'à la base de leur semelle, à l'exception des éventuels pieux. Par dérogation, la partie inférieure des fondations peut être maintenue dans le sol sur la base d'une étude adressée au préfet et ayant été acceptée par ce dernier démontrant que le bilan environnemental du décaissement total est défavorable, sans que la profondeur excavée ne puisse être inférieure à 2 mètres dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable et 1 m dans les autres cas. Les fondations excavées sont remplacées par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation. Dans le cadre d'un renouvellement dûment encadré par arrêté préfectoral, les fondations en place peuvent ne pas être excavées si elles sont réutilisées pour fixer les nouveaux aérogénérateurs.
- la remise en état du site avec le décaissement des aires de grutage et des chemins d'accès sur une profondeur de 40 centimètres et le remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation, sauf si le propriétaire du terrain sur lequel est sise l'installation souhaite leur maintien en l'état.

Les différentes étapes du démantèlement d'un parc éolien sont présentées dans le tableau suivant. Un cahier des charges environnemental sera fourni aux entreprises intervenant sur le chantier de démantèlement. D'une manière générale, les mêmes mesures de prévention et de réduction que celles prévues lors de la construction du parc seront appliquées au démantèlement et à la remise en état. La remise en état des accès et des emplacements des fondations fera l'objet d'une attention particulière en termes de re-végétalisation.

Principaux types de travaux	
Installation du chantier	Mise en place de panneaux signalétiques de chantier, des dispositifs de sécurité, du balisage de chantier autour des éoliennes et de la mobilisation, location et démobilisation de la zone de travail
Découplage du parc	Mise hors tension du parc au niveau des éoliennes, mise en sécurité des éoliennes par le blocage de leurs pales, rétablissement du réseau de distribution initial dans le cas où ENEDIS ne souhaiterait pas conserver ce réseau
Démontage, évacuation et traitement de tous les éléments constituant les éoliennes	Procédure inverse au montage : utilisation de grues pour démonter les éléments des éoliennes et les poser à terre.
	Evacuation tous les déchets (éléments d'éoliennes) vers des filières idoines de valorisation et de traitement
Arasement des fondations	Arasement des fondations sur une profondeur correspondant à l'usage du terrain au titre du document d'urbanisme opposable.

Tableau 8 : Principaux types de travaux de démantèlement et de remise en état d'un parc éolien

A-4.2. REUTILISATION ET RECYCLAGE

Les déchets de démolition et de démantèlement sont réutilisés, recyclés, valorisés, ou à défaut éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet.

L'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation impose des taux minimum de réutilisation et/ou de recyclage des équipements et des déchets du parc démantelé.

L'arrêté fixe deux objectifs de recyclage : un global, et l'autre spécifique pour le rotor :

- **Taux global** (en considérant que l'ensemble de la fondation est excavé) :
  - Au 1er juillet 2022, au minimum 90 % de la masse totale des aérogénérateurs démantelés, fondations incluses ;
  - Après le 1er janvier 2024 ce taux est porté à 95 %.
- **Taux applicable au rotor :**
  - au 1er juillet 2022 : au minimum, 35 % de la masse des rotors doivent être réutilisés ou recyclés ;
  - après le 1er janvier 2023 : 45 % de la masse de leur rotor réutilisable ou recyclable ;
  - après le 1er janvier 2025 : 55 % de la masse de leur rotor réutilisable ou recyclable.

A-4.3. LES CONSOMMATIONS ET EMISSIONS EN PHASE DE DEMANTELEMENT

Les consommations et émissions en phase de démantèlement seront les mêmes que celles de la phase de construction (cf. paragraphe A-2.4 à la page 22). Seules les quantités de déchets seront plus importantes, car certains équipements techniques du parc pourront alors être considérés comme des déchets.

A-4.4. PROVISIONNEMENT DES GARANTIES FINANCIERES

A-4.4.1. Préambule

En application des articles L.515-46 et R.515-101 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.

Le montant de cette garantie financière est défini dans l'annexe I de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation. L'actualisation de ce montant est définie par l'annexe II de ce même arrêté.

Ce montant est réactualisé par un nouveau calcul lors de leur première constitution avant la mise en service industrielle. Le calcul présenté au paragraphe suivant est donc donné à titre indicatif, il sera réactualisé avant la mise en service du projet.

A-4.4.2. Le montant des garanties financières

A-4.4.2.1. Principe

Le montant initial de la garantie financière d'une installation correspond à la somme du coût unitaire forfaitaire (Cu) de chaque aérogénérateur composant cette installation :

M = ∑ (Cu)

où :

- M est le montant initial de la garantie financière d'une installation ;
- Cu est le coût unitaire forfaitaire d'un aérogénérateur. Il correspond aux opérations de démantèlement et de remise en état du site.

Le coût unitaire forfaitaire d'un aérogénérateur (Cu) est fixé par les formules suivantes :

- lorsque la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est <u>inférieure ou égale à 2 MW</u> :

Cu = 50 000 €

- lorsque sa puissance unitaire installée de l'aérogénérateur <u>est supérieure à 2 MW</u> :

Cu = 50 000 + 25 000 * (P-2)

où :

  - Cu est le montant initial de la garantie financière d'un aérogénérateur ;
  - P est la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur, en mégawatt (MW).

A-4.4.2.2. Application au projet

Le projet de Landizès prévoit l'implantation de 4 éoliennes d'une puissance unitaire maximale de 4,2 MW.

Le montant des garanties financières du projet de Landizès est donc de 420 000 €.

L'attestation d'intention de principe d'un assureur au titre de la garantie financière de démantèlement susvisée afférente au projet est fournie en annexe 4.5.

A-4.4.3. Actualisation du montant des garanties financières

En cas de renouvellement de toute ou partie de l'installation, le montant initial de la garantie financière d'une installation est réactualisé en fonction de la puissance des nouveaux aérogénérateurs. La réactualisation fait l'objet d'un arrêté préfectoral pris dans les formes de l'article L. 181-14 du code de l'environnement.

La formule d'actualisation mentionnée au paragraphe précédent est détaillée ci-dessous :

$$M_n = M \times \left(\frac{Index_n}{Index_0} \times \frac{1+TVA}{1+TVA_0} \right)$$

Avec :

- Mn : Montant exigible à l'année n ;
- M = Montant de la garantie financière ;
- $Index_n$: indice en vigueur à la date d'actualisation du montant de la garantie ;
- $Index_0$: indice TP01 en vigueur au 1er janvier 2011, fixé à 102,1807 calculé sur la base 20 ;
- TVA : est le taux de la taxe sur la valeur ajoutée applicable aux travaux de construction à la date d'actualisation de la garantie;
- TVA_0 taux de la taxe sur la valeur ajoutée au 1er janvier 2011, soit 19,60 %.

A-4.4.4. Eléments complémentaires

Il est rappelé qu'en application de l'article R.515-101 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 durant l'exploitation ;
- La constitution de garanties financières ;
- La responsabilité de la maison mère.