



énergies et territoires développement



PROJET de renouvellement du parc éolien de Kérigaret
Communes de Plozévet, Mahalon, et Guiler-sur-Goyen (29)
Note de présentation non technique

Rapport d'étude	Note de présentation non technique
Version :	V1
Date :	13/12/2023
Commanditaire :	ENGIE Green Kérigaret 1 et 2

ETD Brest

Pôle d'innovation de Mescoat
29800 LANDERNEAU
Tél : +33 (0)2 98 30 36 82
Fax : +33 (0)2 98 30 35 13

ETD Amiens

4 rue de la Poste
BP 30015
80160 CONTY
Tél : +33 (0)3 22 46 99 07

SOMMAIRE

A-1. PRESENTATION DU PROJET	4
A-1.1. NATURE DU PROJET	4
A-1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET IMPLANTATION	4
A-1.3. DESCRIPTION TECHNIQUE DU PARC EOLIEN	5
A-1.3.1. Les éoliennes	5
A-1.3.1.1. Composition et dimensions des éoliennes	5
A-1.3.1.2. Caractéristiques détaillées	7
a) Les fondations	7
b) Le mât.....	8
c) La nacelle.....	8
A-1.3.1.3. Fonctionnement d'une éolienne	9
a) La transformation de l'énergie éolienne par les pales	9
b) L'accélération du mouvement de rotation grâce au multiplicateur.....	9
c) La production d'électricité par le générateur.....	9
d) Le traitement de l'électricité par le convertisseur et le transformateur	10
A-1.3.1.4. Les produits mis en œuvre	10
a) Préambule	10
b) Lubrification	10
c) Refroidissement	10
A-1.3.1.5. Couleur et balisage des éoliennes	10
a) Principe général.....	10
b) Couleur des éoliennes	10
c) Le balisage.....	10
A-1.3.2. Le raccordement électrique	11
A-1.3.2.1. Raccordement interne au parc.....	11
A-1.3.2.2. Postes de livraison	11
A-1.3.2.3. Raccordement externe et poste source	12
a) Le poste source	12
b) Le tracé de raccordement	12
A-1.3.3. Voiries et réseaux divers	15
A-1.3.3.1. Accès au site	15
a) La voirie	15
b) Contraintes de dimensionnement des accès.....	15
A-1.3.3.2. Desserte inter-éolienne et plateformes de levage	18
a) Le principe.....	18
b) La desserte inter-éolienne.....	18
c) Les plateformes	18
A-1.3.4. Synthèse des principales caractéristiques du projet	19
A-2. CONSTRUCTION DU PARC EOLIEN.....	20
A-2.1. PHASAGE DES TRAVAUX	20
A-2.2. PREPARATION DU CHANTIER	20
A-2.2.1. Débroussaillage/défrichage	20
A-2.2.2. Installations de la base vie	20
A-2.3. LA CONSTRUCTION DU PARC	21
A-2.3.1. Les travaux de génie civil	21
A-2.3.1.1. La préparation des pistes d'accès et des plateformes des éoliennes	21
A-2.3.1.2. La réalisation des fondations.....	22
A-2.3.2. Le raccordement électrique interne au parc éolien.....	24
A-2.3.2.1. La pose des câbles enterrés inter-éoliennes	24
A-2.3.2.2. Le raccordement du poste de livraison	24
A-2.3.3. Le raccordement électrique externe	24
A-2.3.3.1. Préambule	24

A-2.3.3.2. La pose en bord de route	25
a) Généralités	25
b) Pose mécanisée en pleine terre	25
c) Pose en tranchée ouverte en pleine terre (ouvrage de liaison)	25
A-2.3.3.3. La pose sous obstacle (forage horizontal dirigé)	25
A-2.3.4. Le montage des éoliennes.....	26
A-2.3.4.1. Le stockage des éléments des éoliennes	26
A-2.3.4.2. L'installation des éoliennes.....	26
A-2.3.5. Test et mise en service	27
A-2.3.6. Remise en état à l'issue du chantier	27
A-2.4. CIRCULATION GLOBALE LIEE AU CHANTIER	28
A-2.5. LES CONSOMMATIONS ET EMISSIONS DES EOLIENNES EN PHASE DE CONSTRUCTION	28
A-2.5.1. Les consommations.....	28
A-2.5.2. Les émissions	28
A-2.5.2.1. Les rejets atmosphériques.....	28
A-2.5.2.2. Les rejets aqueux	28
A-2.5.2.3. Les déchets	28
A-3. FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE DU PARC EOLIEN.....	29
A-3.1. FONCTIONNEMENT.....	29
A-3.1.1. Pilotage et surveillance.....	29
A-3.1.2. Systèmes d'asservissement des éoliennes	29
A-3.1.3. Les consommations et émissions des éoliennes en fonctionnement	29
A-3.1.3.1. Les consommations	29
A-3.1.3.2. Les émissions	29
a) Les émissions hors GES.....	29
b) Les gaz à effet de serre (GES)	29
A-3.2. MAINTENANCE	30
A-3.2.1. Maintenance programmée.....	30
A-3.2.1.1. Maintenance 3 mois	30
A-3.2.1.2. Maintenance périodique biannuelle dite préventive	30
A-3.2.2. Communication et interventions non programmées	30
A-3.2.3. Les déchets générés par la maintenance	30
A-4. DEMANTELEMENT DU PARC EOLIEN ET REMISE EN ETAT DU SITE	31
A-4.1. CADRE REGLEMENTAIRE	31
A-4.1.1. Démantèlement et remise en état par l'exploitant.....	31
A-4.1.2. Réutilisation et recyclage	31
A-4.2. LE DEMANTELEMENT.....	31
A-4.2.1. Déroulé du chantier de démantèlement	31
A-4.2.1.1. La livraison des grues.....	32
A-4.2.1.2. Le démontage des éoliennes et de leur fondation	32
A-4.2.2. L'évacuation des composants des éoliennes.....	32
A-4.2.3. Le traitement des éoliennes démantelées	32
A-4.2.3.1. Marché de l'occasion et réemploi	32
A-4.2.3.2. Recyclage des composants	32
A-4.3. LES CONSOMMATIONS ET EMISSIONS DES EOLIENNES EN PHASE DE DEMANTELEMENT	33
A-4.4. PROVISIONNEMENT DES GARANTIES FINANCIERES	33
A-4.4.1. Préambule.....	33
A-4.4.2. Le montant des garanties financières.....	33
A-4.4.3. Actualisation du montant des garanties financières	33
A-4.4.4. Eléments complémentaires.....	33

Figures

FIGURE 1 : SCHEMA DE PRINCIPE D’UN PARC EOLIEN4

FIGURE 2 : COMPOSITION D’UNE EOLIENNE ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT5

FIGURE 3 : VUE EN COUPE D’UNE FONDATION D'EOLIENNE.....7

FIGURE 4 : SCHEMA DESCRIPTIF DU COUPLE ROTOR/NACELLE.....8

FIGURE 5 : PRINCIPE DU RACCORDEMENT ELECTRIQUE D’UNE INSTALLATION EOLIENNE11

FIGURE 6 : TRANSPORT D’UNE PALE.....15

FIGURE 7 : TRANSPORT D’UNE NACELLE.....16

FIGURE 8 : TRANSPORT D’UNE SECTION DE MAT.....16

FIGURE 9 : SCHEMA DE PRINCIPE D’UN AMENAGEMENT DE VIRAGE A 90° POUR UN CONVOI DE PALE.....16

FIGURE 10 : SCHEMA DE PRINCIPE D’UN AMENAGEMENT D’UNE PLATEFORME DE LEVAGE18

FIGURE 11 : PRINCIPE DU FORAGE DIRIGE25

Cartes

CARTE 1 : LOCALISATION DE LA ZIP DU PROJET4

CARTE 2 : PLAN DU PROJET.....6

CARTE 3 : TRACE DES CONNEXIONS INTER-EOLIENNES.....13

CARTE 4 : TRACE DE RACCORDEMENT ENVISAGE.....14

CARTE 5 : PLAN DU RESEAU ROUTIER17

Tableaux

TABEAU 1 : COMPOSITION D’UNE EOLIENNE7

TABEAU 2 : POSTES SOURCES DANS L'ENVIRONNEMENT DU PARC EOLIEN (SOURCE : CAPARESEAU EN DATE DU 17/11/2023)12

TABEAU 3 : EMPRISES DES PISTES DE VOIRIE.....18

TABEAU 4 : SURFACES DES PLATEFORMES.....18

TABEAU 5 : SYNTHESE DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU PROJET19

TABEAU 6 : PERIODES A EVITER POUR LES TRAVAUX.....20

TABEAU 7 : TYPE DE DECHETS PRODUITS LORS DU CHANTIER DE CONSTRUCTION.....28

TABEAU 8 : PRINCIPAUX TYPES DE TRAVAUX DE DEMANTELEMENT ET DE REMISE EN ETAT D’UN PARC EOLIEN31

TABEAU 9 : ETAPES DU DERoule D'UN CHANTIER DE DEMANTELEMENT.....31

TABEAU 10 : SURFACES ACTUELLES ET A CREER POUR LE DEMONTAGE DES EOLIENNES32

Photographies

PHOTO 1 : INTERIEUR D’UN MAT EQUIPE8

PHOTO 2 : EXEMPLE D’UN POSTE DE LIVRAISON11

PHOTO 3 : BLADE LIFTER15

PHOTO 4 : DECAPAGE DU SOL21

PHOTO 5 : SUIVANT LE BESOIN, POSE D’UNE BACHE TEXTILE ET DE GRAVES CONCASSEES21

PHOTO 6 : NIVELLEMENT22

PHOTO 7 : VOIE D’ACCES TERMINEE22

PHOTO 8 : EXCAVATION.....22

PHOTO 9 : BETON DE PROPRETE23

PHOTO 10 : FERRAILLAGE.....23

PHOTO 11 : COULAGE DU BETON.....23

PHOTO 12 : FONDATION TERMINEE.....23

PHOTO 13 : EXCAVATION.....24

PHOTO 14 : SABLAGE PHOTO 15 : TRANCHEE EQUIPEE.....24

PHOTO 16 : POSE D’UN POSTE DE LIVRAISON24

PHOTO 17 ET PHOTO 18 : TRANCHEUSE A L’ARRET ET EN ACTION25

PHOTO 19 : EXEMPLE DE POINT DE DEPART AVEC CANALISATION ENGAGEE25

PHOTO 20 : STOCKAGE DES ELEMENTS DE L’EOLIENNE SUR LA PLATEFORME A PROXIMITE DE LA FONDATION26

PHOTO 21 : MONTAGE DES ELEMENTS DE LA TOUR26

PHOTO 22 : MONTAGE DE LA NACELLE26

PHOTO 23 : ASSEMBLAGE DU ROTOR AU SOL27

PHOTO 24 : MONTAGE DU ROTOR PHOTO 25 : MONTAGE PALE PAR PALE27

A-1. PRESENTATION DU PROJET

A-1.1. NATURE DU PROJET

Le projet, porté par la société ENGIE Green Kerigaret 1 & 2, consiste en la création d'un parc éolien terrestre composé de 6 aérogénérateurs, d'une puissance totale de 22,05 GW.

L'objectif d'un parc éolien est de transformer l'énergie cinétique du vent 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.

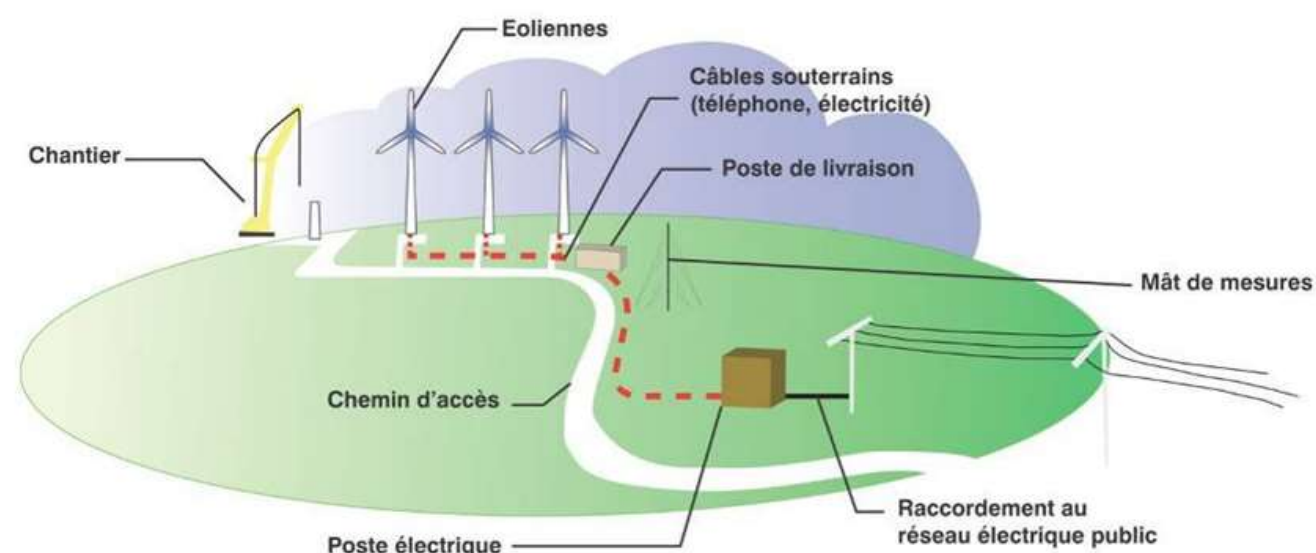
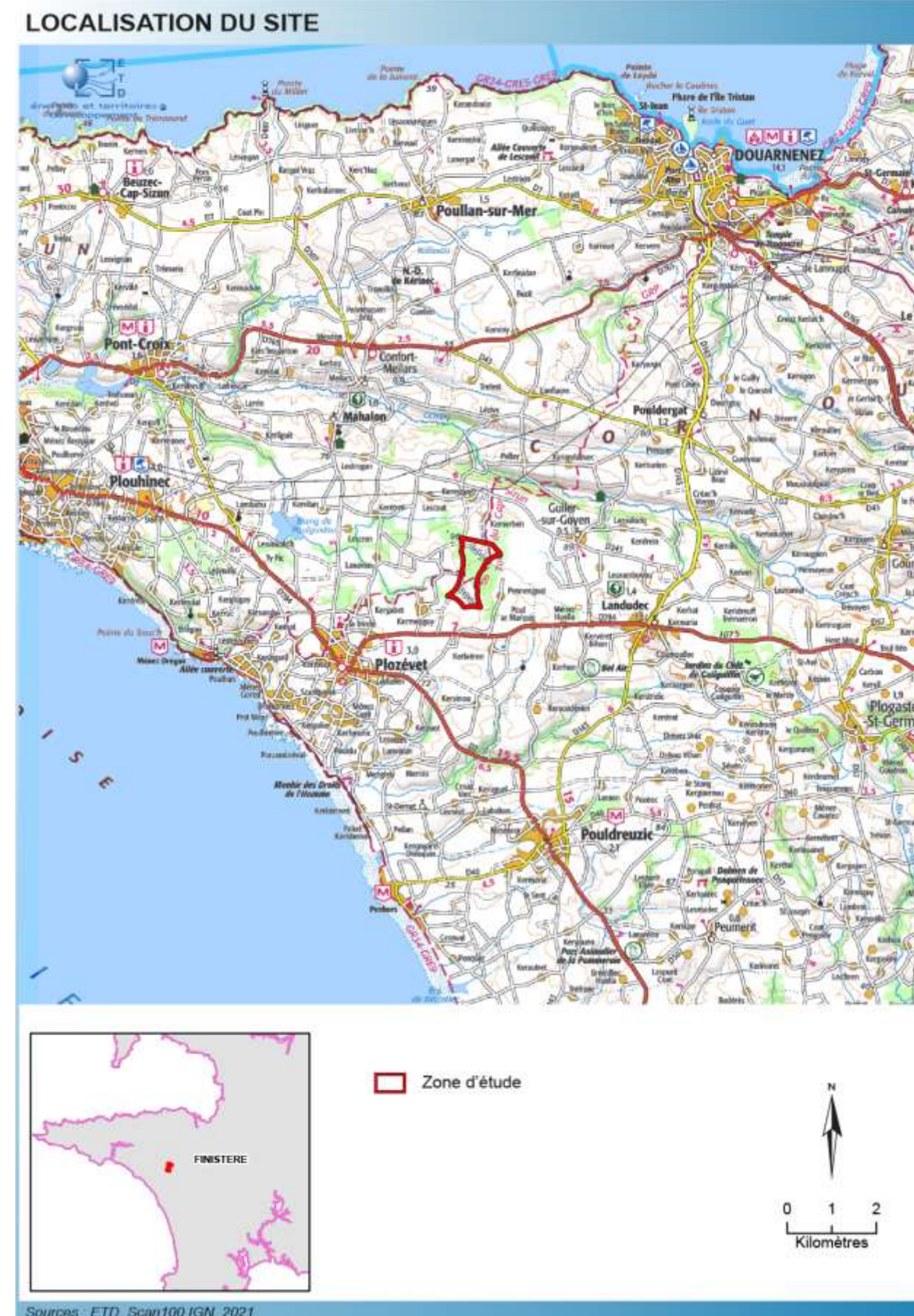


Figure 1 : Schéma de principe d'un parc éolien

A-1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET IMPLANTATION

Le projet de renouvellement du parc éolien de Kérigaret est situé en région Bretagne dans le département du Finistère et sur les communes de Plozévet, Mahalon, et Guiler-sur-Goyen. La localisation du projet, via sa Zone d'Implantation Potentielle (ZIP ou Zone d'étude) est présentée sur la carte ci-contre.

Les communes de Plozévet, Mahalon, et Guiler-sur-Goyen appartiennent aux Communauté de Communes du Cap Sizun - Pointe du Raz et Haut Pays Bigouden.



Carte 1 : Localisation de la ZIP du projet

A-1.3. DESCRIPTION TECHNIQUE DU PARC EOLIEN

Le projet de parc éolien comportera 6 éoliennes d'une puissance unitaire de 3,675 MW. La puissance totale du parc sera donc d'environ 22,05 MW.

La production annuelle attendue est de 55 GWh, soit la consommation annuelle équivalente d'environ 25 000 foyers (hors chauffage).

Les éoliennes seront associées à un réseau de voirie et connectées au réseau de distribution électrique via 2 postes de livraisons. Ces éléments sont détaillés dans les paragraphes suivants.

La disposition globale du projet est présentée sur le Carte 2 à la page suivante.

A-1.3.1. Les éoliennes

Le modèle retenu pour les éoliennes du projet est la N117 :

- Hauteur maximale (en bout de pale) : 150 m ;
- Longueur des pales : 58,5 m ;
- Hauteur du mat : 91,5 m ;
- Puissance unitaire : 3,675 MW.

A-1.3.1.1. Composition et dimensions des éoliennes

Les éoliennes envisagées sur le projet se composent de 4 composants distincts :

- **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.
- **Un mât tubulaire** de 91,5 m de hauteur maximum, en acier ou plus rarement en béton, constitué de plusieurs sections assemblées les unes aux autres. Il abrite le transformateur (selon constructeur) qui permet d'élever la tension de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique public. L'accès à la nacelle, pour la maintenance, se fait depuis l'intérieur du mât qui est équipé d'une échelle ou d'un moyen de levage, d'un système d'éclairage ainsi que de tous les dispositifs nécessaires à la sécurité des personnes.
- **Une nacelle**, qui abrite le générateur permettant de transformer l'énergie cinétique créée par la rotation du rotor de l'éolienne en électricité et comprend, entre autres, le multiplicateur (boîte de vitesse) et le système de freinage mécanique. Le système d'orientation de la nacelle permet un fonctionnement optimal de l'éolienne en plaçant le rotor dans la direction du vent. La nacelle est généralement constituée de fibres de verre renforcées et supporte une girouette et un anémomètre, ainsi que le balisage aéronautique.
- **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 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.

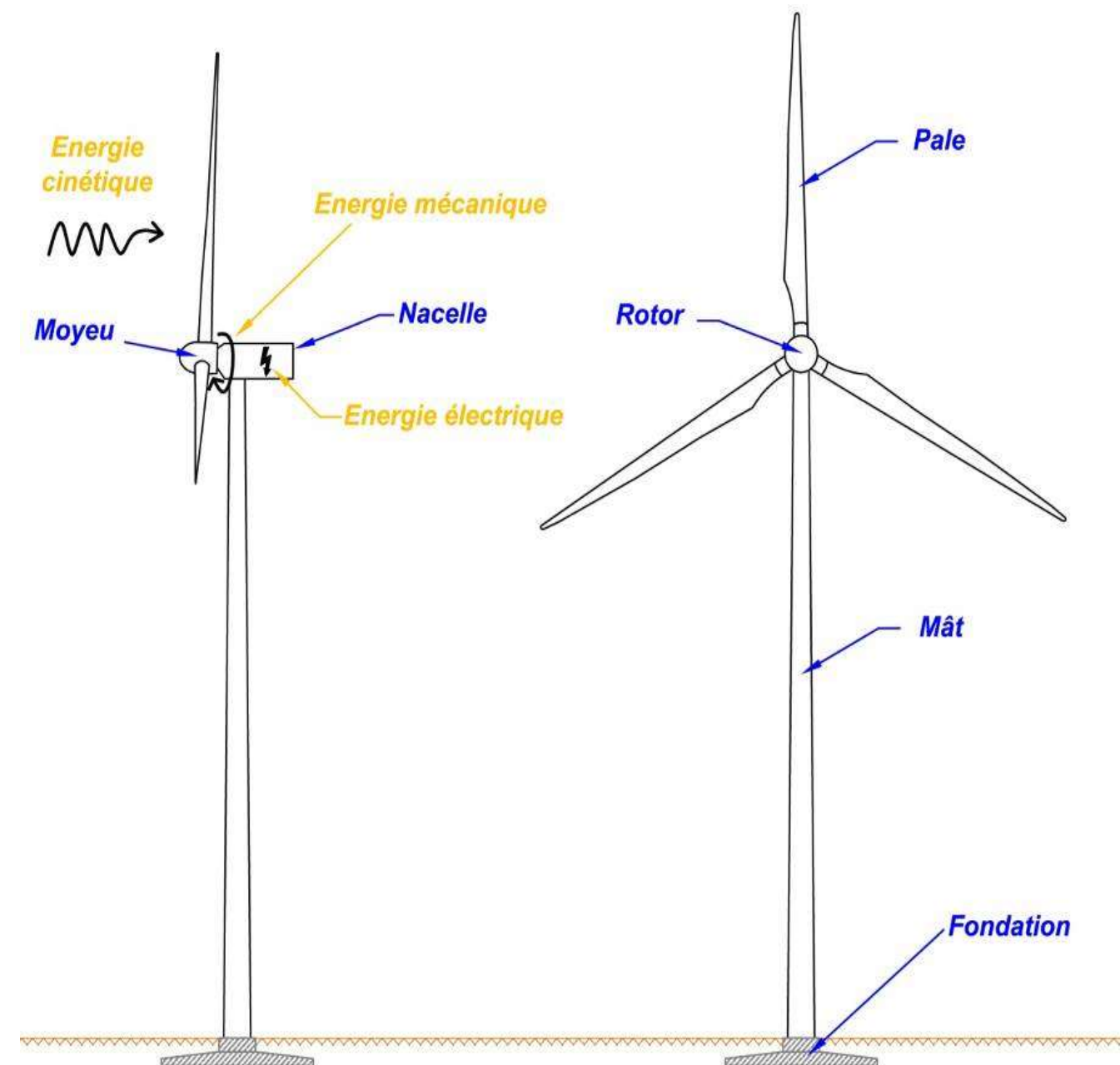
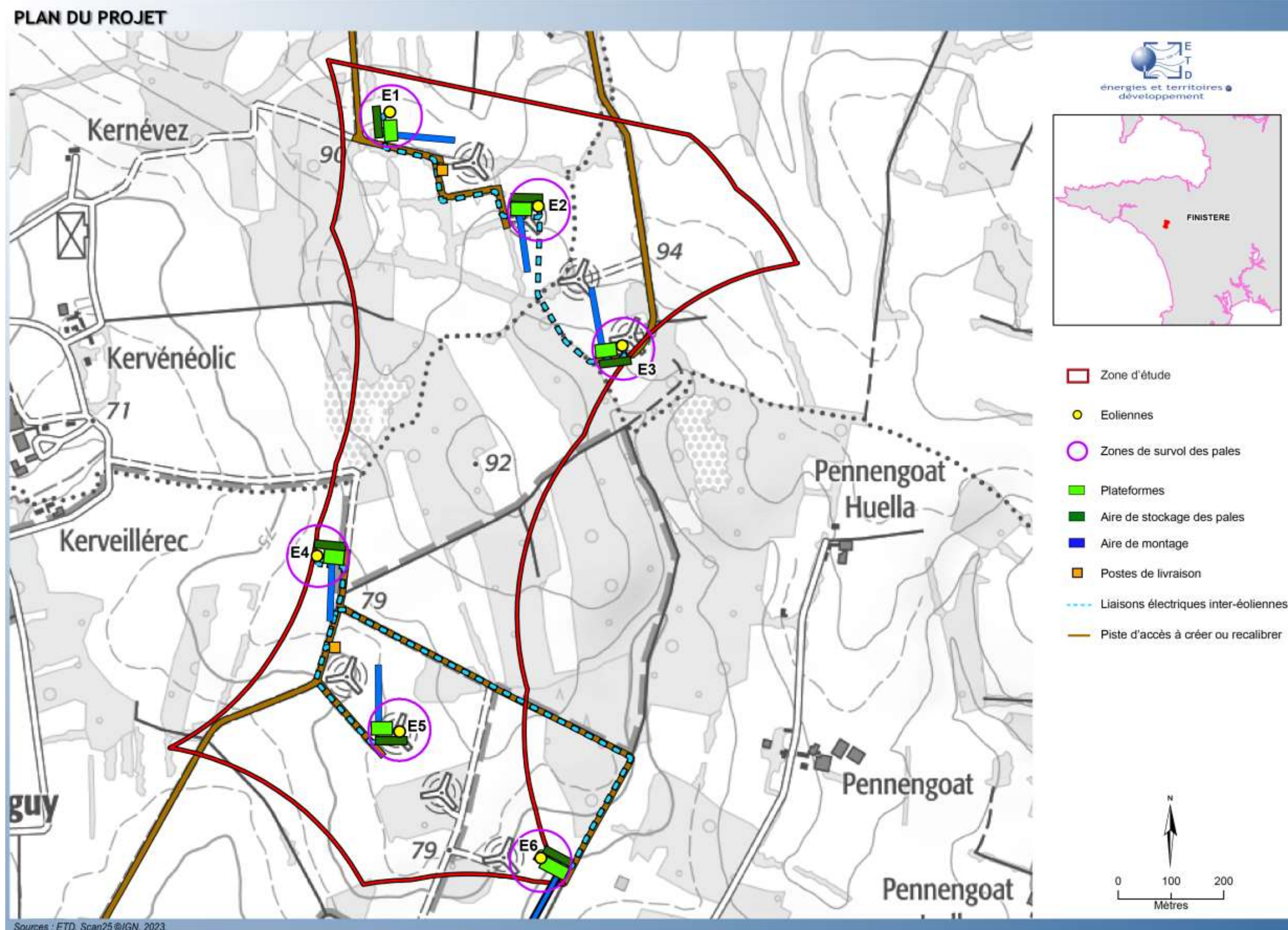


Figure 2 : Composition d'une éolienne et principe de fonctionnement



Carte 2 : Plan du projet

Elément	Composition	Matériaux usuels	Dimensions	Equipements associés
Rotor	3 pales	Fibre de verre renforcée et fibre de carbone	Diamètre du rotor : 117 m Longueur une pale : 58,5 m Poids d'une pale : 10 t environ	Système de dégivrage suivant le cas
	1 moyeu	Acier	Poids : 20 t environ	Système de commande (processeurs)
Nacelle	Enveloppe de la nacelle	Fibre de verre	Poids : 60 à 80 t Dimensions : variable selon le design	- Arbre de transmission - Génératrice - Multiplicateur - Transformateur - Convertisseur - Onduleur - Système de commande (processeurs) - Armoire de commande (dont système auxiliaires : moteurs, pompes, ventilateurs, appareils de chauffage) - Câbles haute-tension - Capteurs de vent - Système de captage de la foudre
	Châssis	Structure métallique		
Mât	4 à 6 tubes creux	Acier	Poids d'un tube : 30 à 60 t Longueur d'un tube : 30 m environ Diamètre au sol : 5 m environ	- 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 environ Diamètre : 15 à 20 m environ Profondeur : 3 à 4 m	Câbles électriques et fibres optiques

Tableau 1 : Composition d'une éolienne

A-1.3.1.2. Caractéristiques détaillées

a) Les fondations

La fondation est composée d'une semelle en béton armé dans laquelle est coulée une virole en acier. La partie haute émerge du massif et comporte un système de fixation du mât de l'éolienne. La partie basse de cette virole, coulée dans le béton, est traversée par un maillage dense de ferrailage : cf. Figure 3 ci-dessous ainsi que Photo 10 : Ferrailage et Photo 11 : Coulage du béton à la page 23.

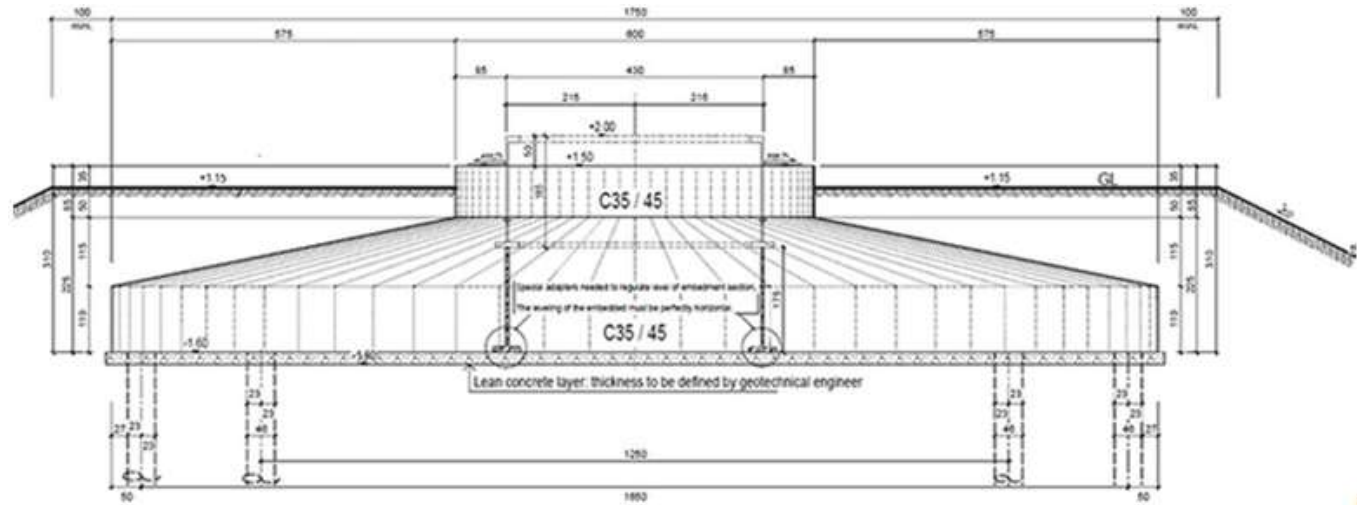


Figure 3 : Vue en coupe d'une fondation d'éolienne

La fondation transmet toutes les charges de l'éolienne dans le sol. Afin de déterminer le type de fondation à réaliser pour l'implantation d'éoliennes, différents critères sont à prendre en compte :

- Le fabricant d'éoliennes fournit des prescriptions pour le dimensionnement des fondations (semelle circulaire ou octogonale, massif poids ou micropieux...), en fonction du type de machine retenu.
- Une étude géotechnique est lancée par le Maître d'Ouvrage dès l'obtention des autorisations. Les sondages réalisés permettant de définir la nature du sol en place ainsi que sa portance. Sur la base du rapport du bureau d'études géotechniques, le type de fondation est affiné. Dans le cas d'une bonne portance du sol existant, une semelle de fondation superficielle sera suffisante. Dans le cas inverse, des substitutions de sol et/ou d'autres types de fondations pourront être envisagées.

Les notes de calculs ainsi que les plans de coffrage et de ferrailage sont réalisés par le bureau de l'entreprise de Génie Civil.

Avant exécution des fondations, ces notes de calculs et plans sont soumis à l'approbation d'un bureau de contrôle technique extérieur, mandaté par le Maître d'Ouvrage.

b) Le mât

Le mât se présente sous la forme d'une tour conique en acier composée de plusieurs segments. Le mât peut également être réalisé avec des éléments en béton préfabriqués en usine.

L'accès au mât se fait par une porte verrouillable au pied du mât. À l'intérieur, il est possible de monter dans la nacelle à l'abri des intempéries par un ascenseur (facultatif) ou une échelle avec système antichute. Des plateformes fermées par des trappes sont positionnées aux passages entre les différents segments du mât.

Le mât est doté d'un dispositif d'éclairage intérieur assurant un éclairage intégral des plateformes et de la montée. L'éolienne est également dotée d'un système d'éclairage d'urgence alimenté par batteries permettant l'évacuation sans danger de l'éolienne en cas de coupure d'électricité.



Photo 1 : Intérieur d'un mât équipé

c) La nacelle

La nacelle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux composites en fibre de verre. Les éléments principaux sont disposés sur un châssis en acier.

La nacelle contient :

- La chaîne cinématique,
- La génératrice (qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique)
- Le transformateur (ce convertisseur de puissance peut dans certains cas être localisé en pied de mât).

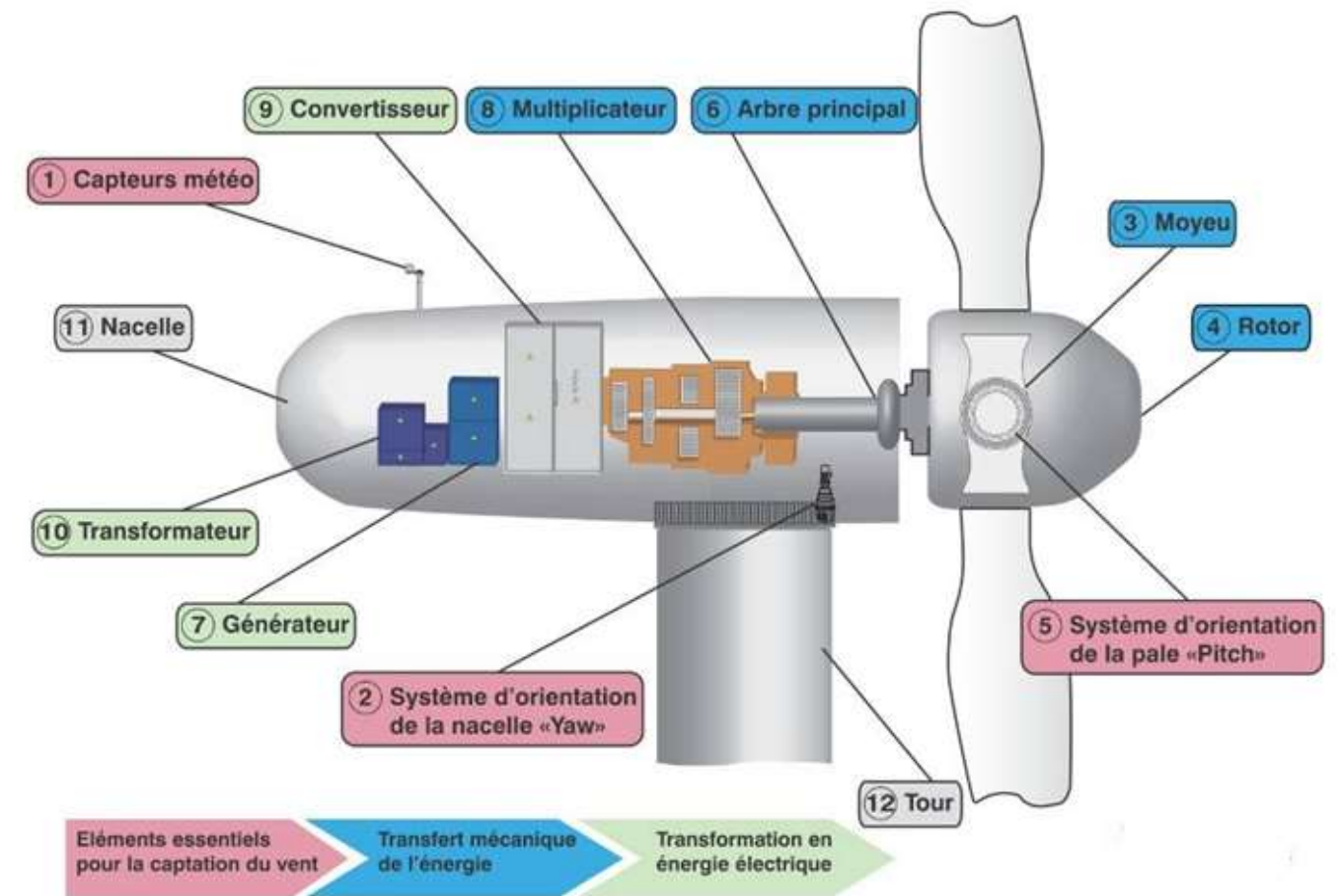


Figure 4 : Schéma descriptif du couple rotor/nacelle

La chaîne cinématique

La chaîne cinématique se compose de l'arbre du rotor, du disque de blocage du rotor, du palier du rotor et d'un multiplicateur (selon les constructeurs). L'arbre du rotor est relié au moyeu via une bride. Le disque de blocage du moteur permet d'immobiliser le rotor pour certains travaux de maintenance et pour garantir un accès sécurisé au moyeu du rotor. Le multiplicateur permet de passer d'une faible vitesse de rotation du rotor (8 à 15 tours par minute) à une vitesse plus élevée au niveau du rotor du générateur (1 500 tours/minute).

Certains modèles ne disposent pas de multiplicateur, le transfert de l'énergie se fait directement du rotor au générateur.

Le générateur

L'éolienne est équipée d'un générateur à vitesse de rotation variable couplée à un convertisseur de fréquence. Le générateur convertit l'énergie mécanique issue du vent en énergie électrique. En liaison avec le réglage des pales, le fonctionnement à vitesse variable offre de très bons résultats en termes de production d'énergie, de rendement, de contraintes mécaniques et de qualité de la puissance débitée.

Le transformateur

Il permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur. Il est composé d'un transformateur élévateur ainsi que d'une cellule de protection du transformateur et de cellules interrupteurs-sectionneurs permettant de mettre hors tension les câbles HTA souterrains auxquels l'aérogénérateur est raccordé.

Ce poste de transformation peut être situé soit dans la nacelle, soit en pied de mât, et très rarement dans une cabine externe à côté de l'éolienne. Dans l'exemple ci-dessous, il est intégré dans le mât de l'éolienne.

De fait, les transformateurs utilisés sont des transformateurs secs afin d'éviter la présence d'huile et les risques d'incendie associés.



Illustration 1 : Transformateur inséré dans le mât (Enercon)

A-1.3.1.3. Fonctionnement d'une éolienne

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

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par les capteurs météo (élément n°1 sur la Figure 4 à la page précédente) qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

Les trois pales, fixées au moyeu (élément n°3 sur la Figure 4), 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 (élément n°4 sur la Figure 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 (élément n°5 sur la Figure 4) de l'éolienne de manière à réguler la vitesse de rotation et le couple (mouvement mécanique) transmis à l'arbre principal (élément n°6 sur la Figure 4).

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 entraîner 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'accroît et la puissance délivrée par la génératrice augmente.

Deux types de générateurs existent :

- Les générateurs utilisés sont souvent asynchrones. Leur avantage est de supporter de légères variations de vitesse ce qui est un atout pour les éoliennes où la vitesse du vent peut évoluer rapidement notamment lors de rafales. On peut reconnaître une éolienne utilisant une génératrice asynchrone par la forme allongée de la nacelle, qui abrite la chaîne cinétique.
- La génératrice peut également être synchrone et être utilisée dans le cas d'un entraînement direct lorsque la liaison mécanique entre le moyeu de l'éolienne et la génératrice est directe, sans utiliser de multiplicateur.

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 600 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.

A-1.3.1.4. 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-1.3.1.5. Couleur et balisage des éoliennes

a) *Principe général*

Du fait de leur hauteur, les éoliennes peuvent constituer des obstacles à la navigation aérienne. Elles doivent donc être visibles et respecter les spécifications de la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile), fixées par l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne :

b) *Couleur des éoliennes*

Les quantités colorimétriques des éoliennes terrestres sont limitées aux domaines du blanc et du gris tels que définis dans l'appendice 1 de l'annexe II de l'arrêté du 23 avril 2018.

La couleur est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne.

c) *Le balisage*

Conformément à l'annexe II de l'arrêté du 23 avril 2018, les aérogénérateurs doivent disposer :

- S'ils sont considérés comme isolés* :
 - Balisage diurne : feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 cd) ;
 - Balisage nocturne : feux d'obstacle de moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd) ;
- S'ils sont considérés comme secondaires* :
 - Balisage diurne : Absence ;
 - Balisage nocturne : feux d'obstacle de moyenne intensité de type C (feux fixes rouges de 2 000 cd).

* : Sont considérés comme éolienne isolées, les éoliennes n'étant pas intégrées dans un champ éolien au sens de l'article 3.8.1. de l'arrêté du 23 avril 2018.

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°).

Par ailleurs, les éoliennes étant d'une hauteur comprise entre 150 et 200 m, elles devront disposer d'un balisage de nuit intermédiaire installé sur le mât de l'éolienne à une hauteur de 45 m, conformément à l'article 3.7 de l'arrêté du 23 avril 2018.

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.

Synchronisation du Balisage

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-1.3.2. 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.

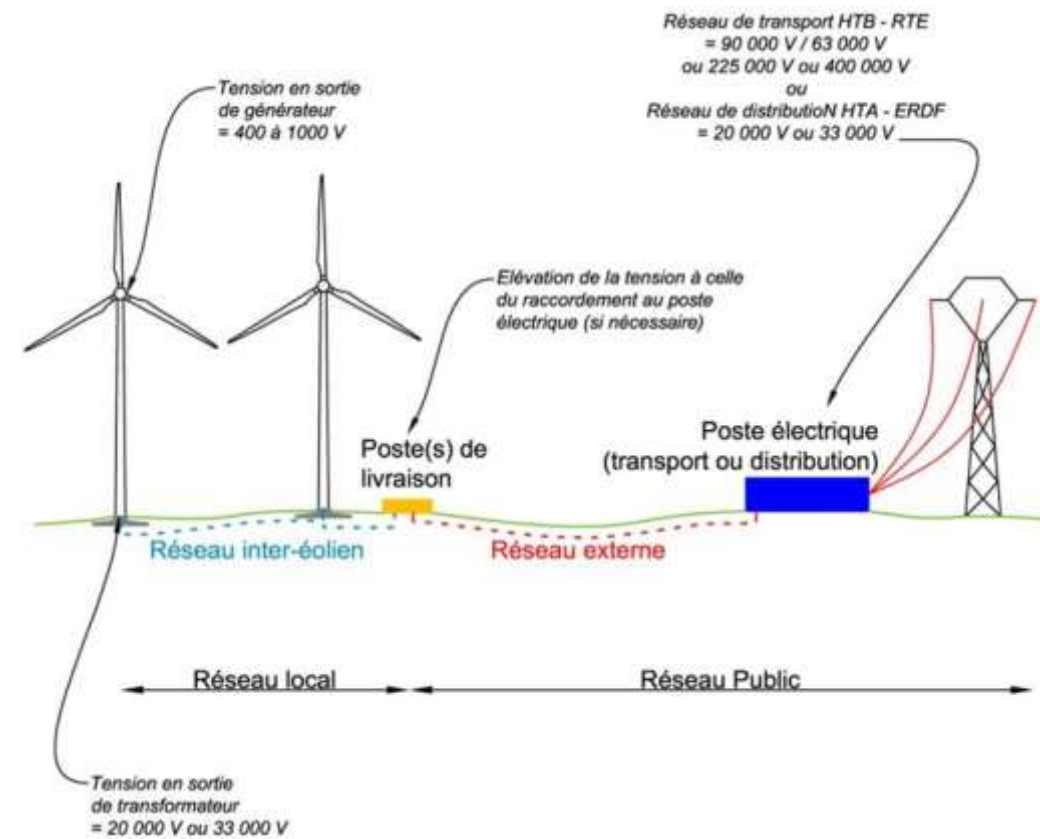


Figure 5 : Principe du raccordement électrique d'une installation éolienne

A-1.3.2.1. 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 minimum 80 cm de profondeur (selon la norme NFC 13-200 en vigueur).

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 2 485 m de linéaire de câbles. Son tracé indicatif est présenté sur la Carte 3 à la page 13.

A-1.3.2.2. 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.

Compte tenu de la puissance maximale envisagée sur le parc, 2 postes de livraison seront implantés pour évacuer l'électricité produite. Les postes doivent être accessibles en voiture pour la maintenance et l'entretien. Ils seront placés à proximité des chemins d'exploitations existants et seront donc facilement accessibles.

Les 2 postes de livraison sont positionnés sur une plateforme de 932,1 m² en bord de route. La localisation de ces éléments est présentée sur la Carte 3 à la page 13.

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



Photo 2 : Exemple d'un poste de livraison

A-1.3.2.3. Raccordement externe et poste source

a) Le poste source

Le réseau électrique externe relie les 2 postes 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 (vol d'oiseau)	Puissance des projets en service du S3REnR en cours	Puissance des projets en développement du S3REnR en cours	Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR qui reste à affecter	Capacité de transformation HTB/HTA restante disponible pour l'injection sur le réseau public de distribution
Pouldreuzic	5,5 km	0,2 MW	0,0 MW	16,8 MW	0,0 MW
Audierne	8,2 km	0,9 MW	1,0 MW	1,1 MW	31,3 MW
Douarnenez	8,8 km	7,6 MW	3,2 MW	0,0 MW	49,2 MW

Tableau 2 : Postes sources dans l'environnement du parc éolien (source : Caparéseau en date du 17/11/2023)

Le poste source d'Audierne, répertorié dans le S3ENR, est susceptible de recevoir l'énergie produite par le projet de renouvellement du parc éolien de Kérigaret. C'est la solution envisagée par le maître d'ouvrage. Les capacités réservées disponibles représentent le volume de capacité réservée disponible à l'instant t sur un poste donné. Cette valeur peut évoluer à la hausse suite à la réalisation des investissements prévus dans le schéma (ou à la baisse suite au raccordement d'un projet de production EnR sur le poste considéré). Des transferts de capacités réservées d'un poste source à un autre sont également possibles. Les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous sont indicatives et ne sont pas considérées comme le plafond de la puissance raccordable sur le poste.

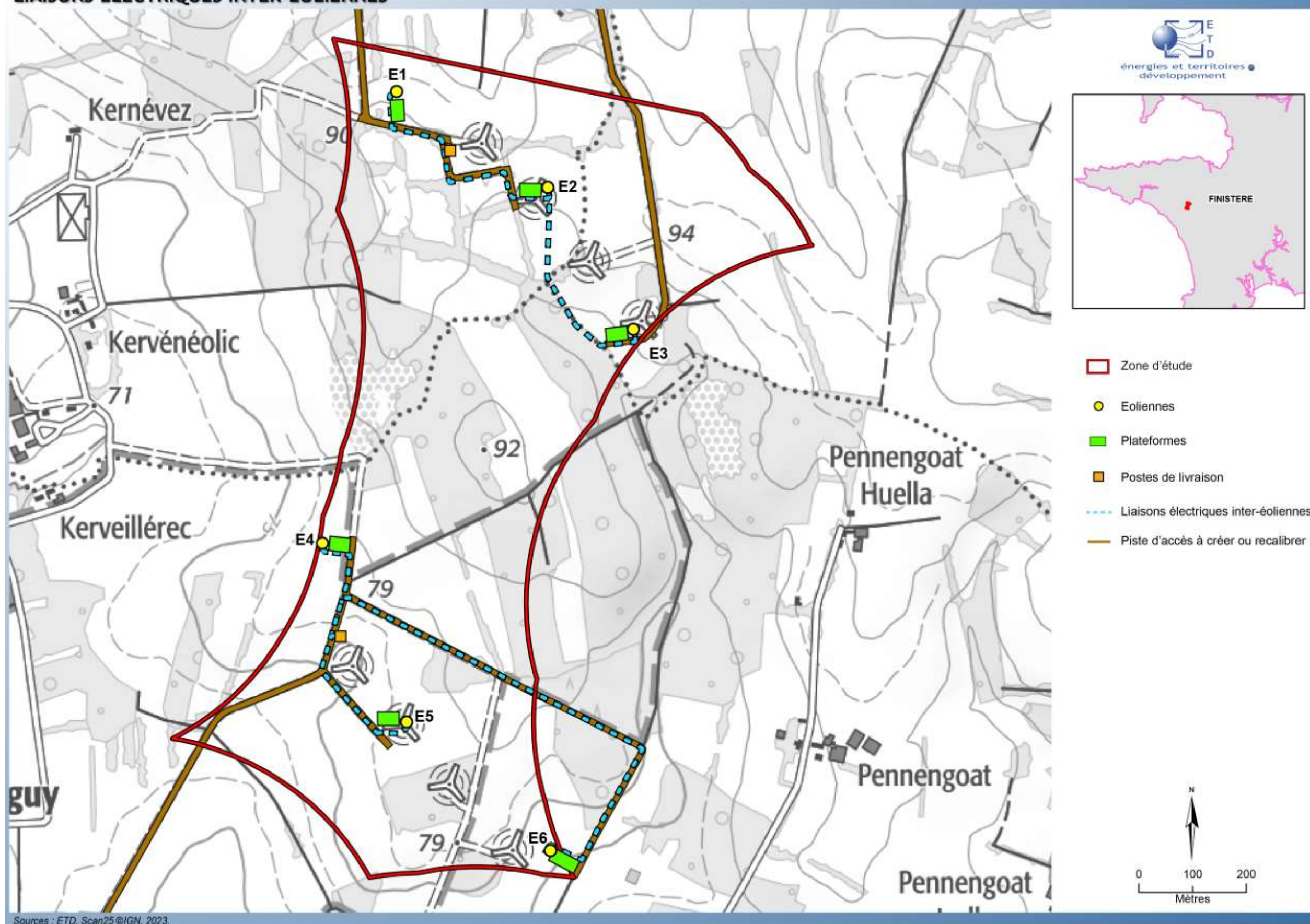
b) Le tracé de raccordement

Le tracé prévisionnel des liaisons de raccordement au poste d'Audierne figure sur la Carte 4 à la page 14. Le linéaire de câblage envisagé est de 11,2 km. 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.

La carte présente le trajet envisagé entre les postes de livraison et le poste source d'Audierne. Le tracé emprunte la voirie existante.

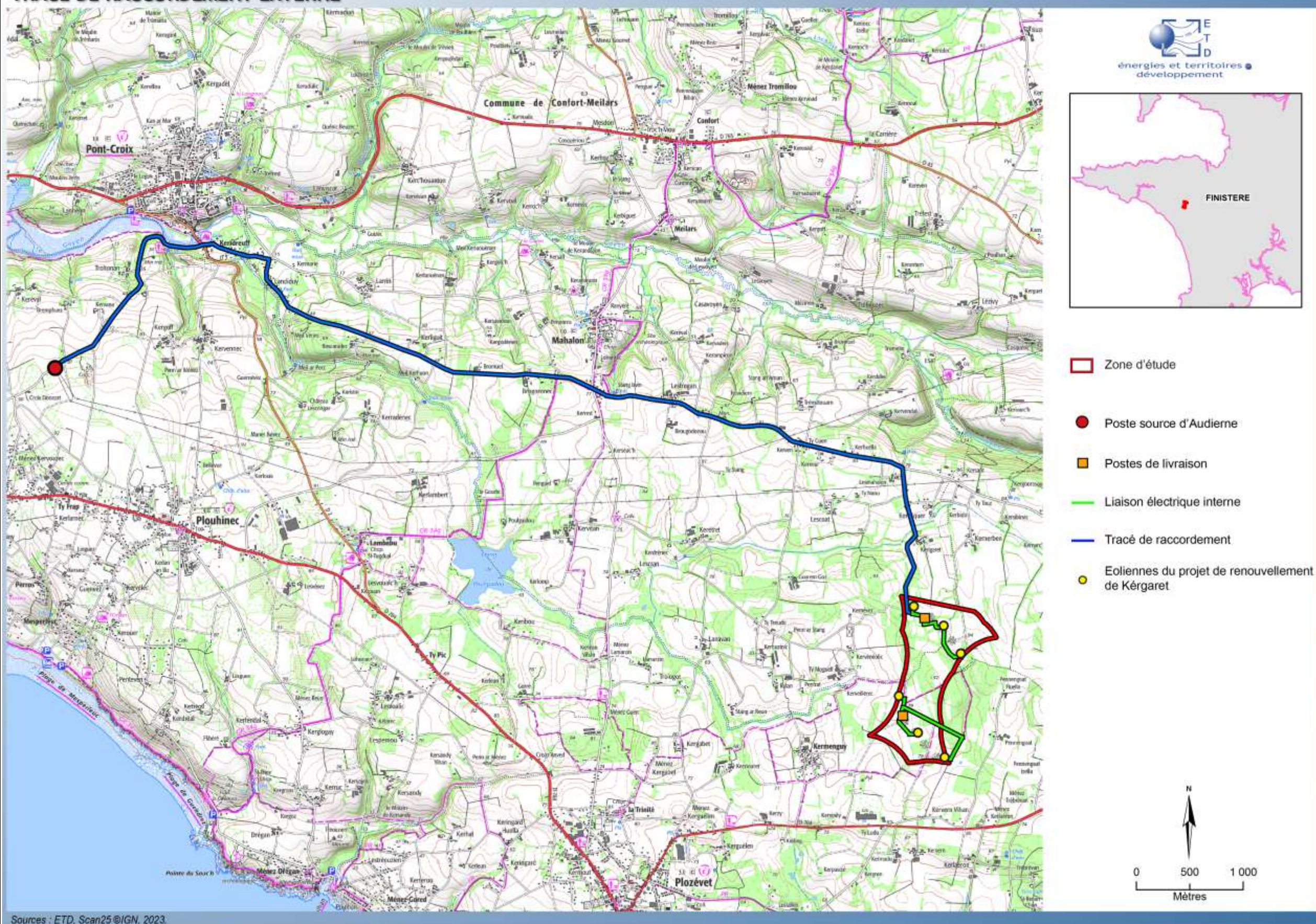
Compte tenu de la procédure ENEDIS qui prévoit la possibilité de demander le raccordement d'un projet éolien seulement après l'obtention des autorisations administratives relatives au projet, le tracé indiqué dans cette étude est prévisionnel et ne saurait engagé ni le pétitionnaire ni ENEDIS à ce stade.

LIAISONS ÉLECTRIQUES INTER-ÉOLIENNES



Carte 3 : Tracé des connexions inter-éoliennes

TRACÉ DE RACCORDEMENT EXTERNE



Carte 4 : Tracé de raccordement envisagé

A-1.3.3. Voiries et réseaux divers

Les éoliennes sont composées d'éléments de grande dimension. Les pales, le mat (4 à 6 tubes généralement s'assemblant les uns aux 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-1.3.3.1. Accès au site

a) La voirie

Les itinéraires d'accès précis seront définis dans le cadre de la demande de transport exceptionnel qui sera réalisée quelques mois avant la livraison des machines. L'accès se fera depuis la nationale 165, puis le contournement de Quimper, pour rejoindre la D 784 qui passe à 600 m au sud de la ZIP.

Le détail de ces routes est présenté sur la Carte 5 à la page suivante. Certaines voiries pourront nécessiter des aménagements pour permettre la circulation des convois exceptionnels et camions pendant la phase de construction/démantèlement ou ultérieurement pour des phases de maintenances lourdes (changement de pales par exemple).

Les aménagements nécessaires peuvent être suivant le besoin :

- débroussaillage en bordure des routes ;
- renforcement de la chaussée, voire élargissement ;
- adaptation de certains virages pour permettre le passage de véhicules longs (transport de pales) : défrichement élargissement de la voirie à l'intérieur du virage.

Des réseaux, notamment aériens (électricité, téléphone), peuvent faire obstacle au passage des convois. Le pétitionnaire prendra contact avec les gestionnaires de réseaux afin d'envisager les solutions pour effectuer les travaux dans les meilleures conditions possibles (interruption/déplacement temporaire ou permanent de réseaux).

En cours d'exploitation, la circulation engendrée par le parc éolien sera essentiellement liée à la maintenance, environ 1 camionnette tous les six mois. Aucun convoi exceptionnel n'est donc à prévoir (sauf en cas de maintenance lourde (changement de pales ...), le réseau routier classique sera donc utilisé sans nécessité d'organisation préalable particulière.

b) Contraintes de dimensionnement des accès

Concernant l'encombrement, ce sont les pales d'une longueur de 58,5 m, qui représentent la plus grosse contrainte. Leur transport est réalisé par convoi exceptionnel à l'aide de camions adaptés (tracteur et semi-remorque).



Figure 6 : Transport d'une pale

Suivant le besoin (virage serré), un « blade lifter » pourra être utilisé (cf. photo ci-dessous)



Photo 3 : Blade lifter

Lors du transport des aérogénérateurs, le poids maximal à supporter est celui du transport des nacelles qui peuvent peser entre 60 et 80 t. Le poids total du véhicule chargé avec la nacelle est d'environ 100 à 120 t.



Figure 7 : Transport d'une nacelle

Les différentes sections du mât sont généralement transportées à l'aide de semi-remorque tractant une remorque longue spécifique. La longueur totale de l'ensemble et son poids sont variables selon la section transportée.



Figure 8 : Transport d'une section de mât

Etant donné le tonnage et les dimensions des engins de transport livrant les composants d'éoliennes, les accès seront aménagés et renforcés afin d'avoir les caractéristiques minimales suivantes :

- être planes, avec de faibles pentes :
 - pour des pentes jusqu'à 7 %, une couche de Graves Non Traités ou Graves Reconstituées Humidifiées sera déposée en plusieurs couches compactées (sur géotextile si besoin en fonction de la nature du sol) ;
 - pour des pentes supérieures comprises entre 7 et 12 % (pente maximale admissible), un traitement ciment ou béton ou enrobé sera effectué pour permettre une portance suffisante des chemins (ce n'est pas le cas du présent projet).
- avoir des accotements dégagés d'obstacles (absence de bâtis, réseaux aériens...), la largeur des pistes sera de l'ordre de 5 m,
- avoir des virages au rayon de giration important (de l'ordre de 40 à 50m) pour autoriser le passage des engins transportant les pales et les sections du mât d'éolienne,
- être dimensionnées pour supporter la charge des convois durant la phase de travaux.

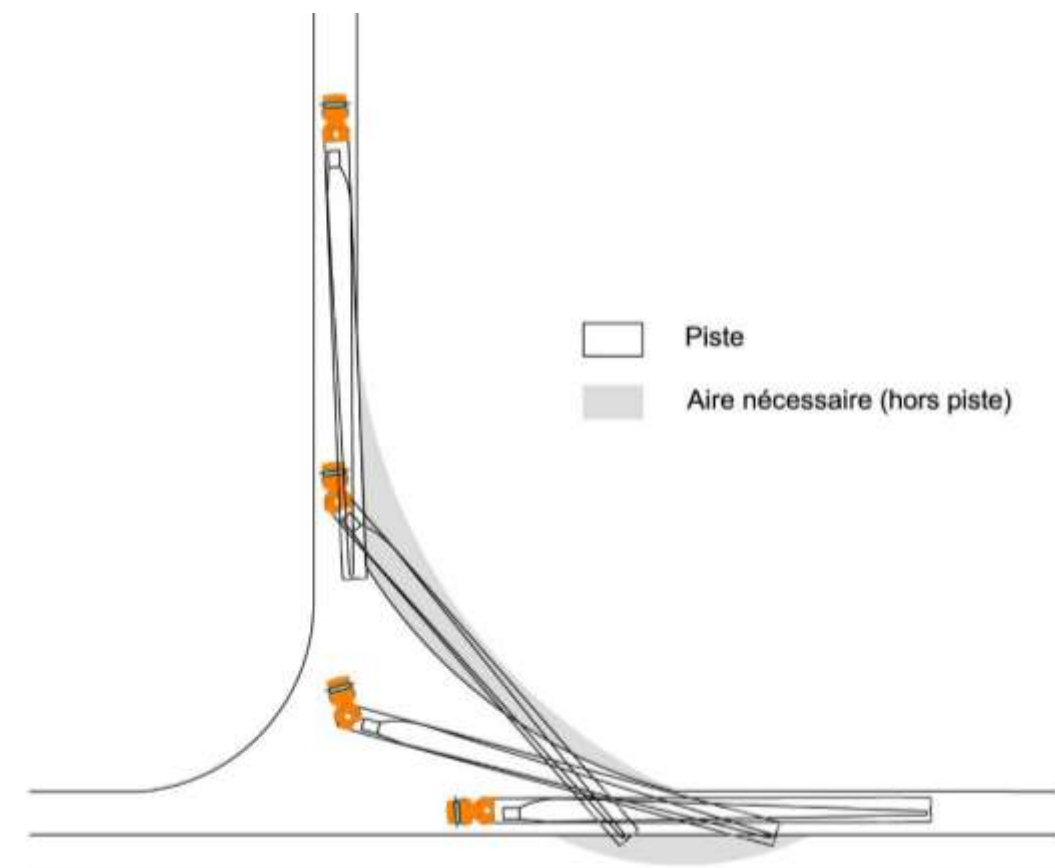
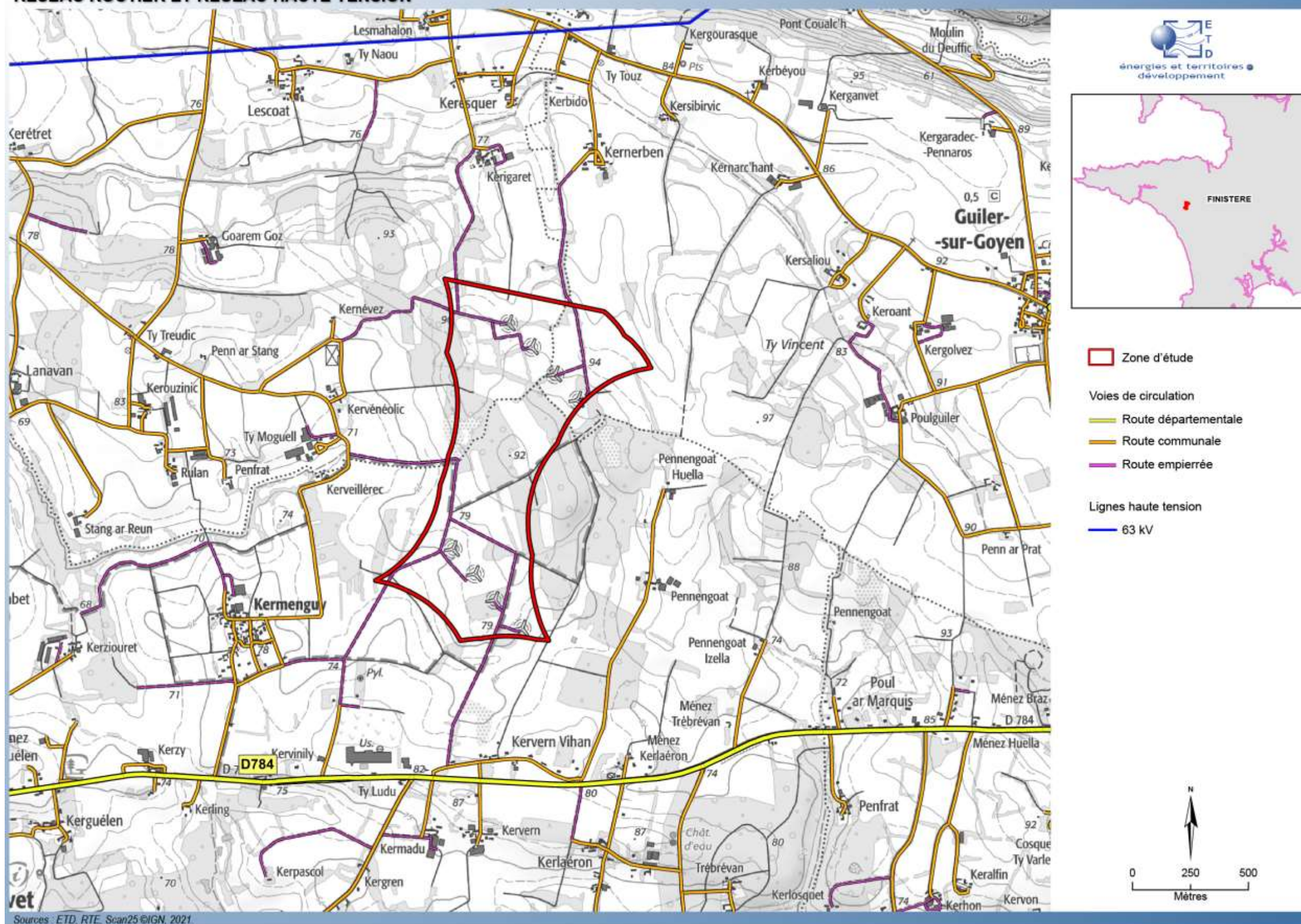


Figure 9 : Schéma de principe d'un aménagement de virage à 90° pour un convoi de pale

RÉSEAU ROUTIER ET RÉSEAU HAUTE TENSION



Carte 5 : Plan du réseau routier

A-1.3.3.2. 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 préférentiellement sur le réseau de chemins existant. Ces chemins seront éventuellement renforcés pour permettre le passage des véhicules. Des chemins seront créés afin de compléter le réseau de chemins existant.

Le tracé est présenté sur la Carte 3 à la page 13.

Les surfaces

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

Caractéristiques	Chemins existants à renforcer	Chemins à créer
Longueur (m)	5 948	1 008
Largeur (m)	5	5
Surface (m²)	25 085	4 187
Surface totale (m²)	29 272	

Tableau 3 : Emprises des pistes de voirie

Des aménagements temporaires de certains virages pourront être nécessaires (pans coupés), lors, pour permettre l'accès de certains convois exceptionnels de la construction du parc (cf. paragraphe A-1.3.3.1.b) à la page 15).

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.

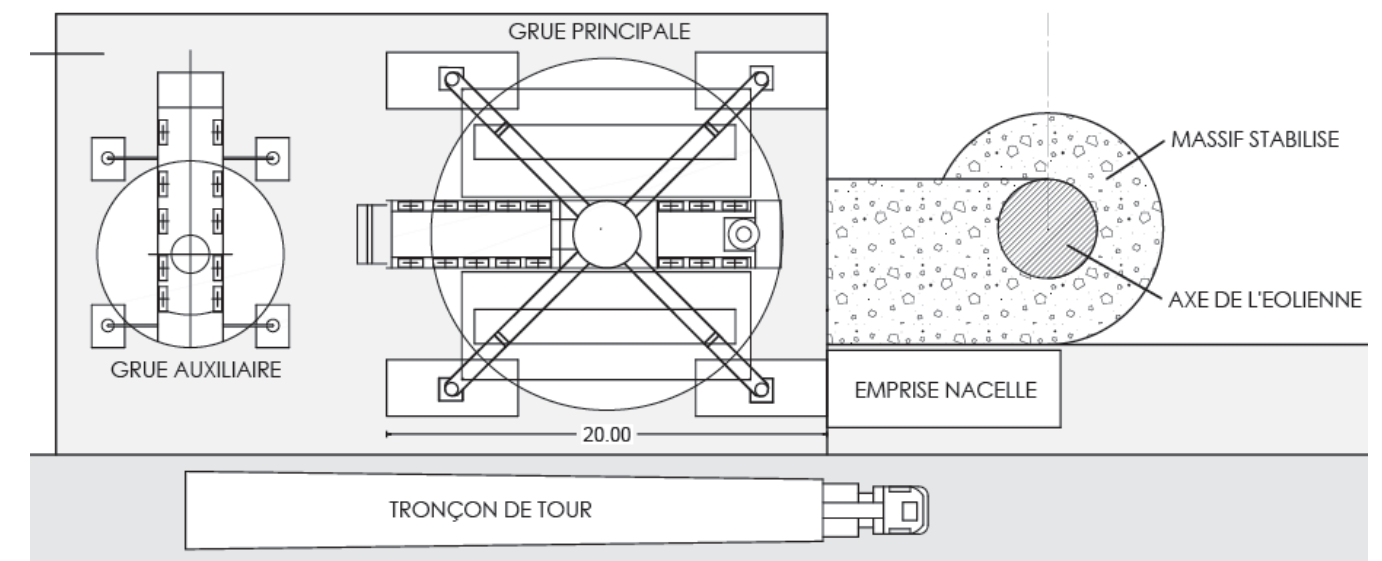


Figure 10 : Schéma de principe d'un aménagement d'une plateforme de levage

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

Eolienne	Superficie définitive de la plateforme (phase exploitation)
E1	1 000 m²
E2	1 000 m²
E3	1 000 m²
E4	1 031,2 m²
E5	1 000 m²
E6	1 310 m²
Total	6 341,2 m²

Tableau 4 : Surfaces des plateformes

A-1.3.4. 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).

Élément		Quantité	Dimension unitaire	Total	Commentaire
Eoliennes	Puissance max	6	3,675 MW	22,05 MW	La production annuelle attendue est de 55 GWh, soit la consommation annuelle équivalente d'environ 25 000 foyers.
	Hauteur mât	-	91,5 m	-	
	Longueur pale	-	58,5 m	-	
	Hauteur totale	-	150 m	-	
Raccordement électrique (linéaire de câblage)	Raccordement interne	-	-	2 485 m	-
	Raccordement externe	-	-	11,2 km	-
Emprise foncière	Plateformes définitives	6	-	6 341,2 m²	-
	Massif des éoliennes	6	383,6 m²	2 301,6 m²	
	Poste de livraison	2	-	932,1 m²	plateforme accueillant les 2 postes de livraison ainsi qu'une aire de maintenance
	Chemins	-	-	29 272 m²	-

Tableau 5 : 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 ;
 - Mise en place de la base vie ;
 - Débroussaillage, défrichage ;
- 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 (défrichage, 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'étude naturaliste DERVENN a donc défini les périodes à éviter pour la réalisation de ces travaux afin de réduire au maximum leurs impacts. Les périodes à éviter sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Mois Groupe	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Reptiles												
Avifaune nicheuse												
Mammifères terrestres												

	Période conseillée, travaux possibles sans risque majeur
	Période à éviter, travaux envisageables sous réserve de l'avis d'un expert écologue
	Période à proscrire, travaux impossibles période de forte sensibilité

Tableau 6 : Périodes à éviter pour les travaux

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

A-2.2. PREPARATION DU CHANTIER

A-2.2.1. Débroussaillage/défrichage

Le site est implanté en zone boisée. Afin de limiter l'impact sur ce massif forestier, les chemins existants seront préférentiellement utilisés pour le projet.

Toutefois un défrichage sera nécessaire pour :

- Planter les éoliennes ainsi que leur plateforme technique ;
- Les zones de manœuvre autour des voiries et plateforme technique ;
- Relier les routes de desserte aux éoliennes ;
- Elargir certaines routes existantes notamment dans certains virages par la création de pans coupés afin de faciliter l'accès des convois lors de la construction.

Des débroussailllements ponctuels seront également nécessaires le long des voies d'accès pour permettre aux convois d'accéder au site lors de la construction.

Ensuite un débroussaillage de propreté sera maintenu le long de ces voies d'accès ainsi qu'autour des éoliennes pendant toute la durée d'exploitation du parc.

A-2.2.2. Installations 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 temporaires qui sera simplement posé à même le sol sur le site. Aucune fondation ou voirie bitumée/bétonnée ne sera réalisée.

Son emplacement sera déterminé dans les mois précédant le début du chantier de construction - en tenant compte notamment :

- De la disponibilité foncière ;
- Des contraintes forestières (limitation du déboisement) ;
- 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 d'exploitation 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 2 à la page 6.



Photo 4 : Décapage du sol

Enfin, une bâche textile puis une couche de 30 à 40 cm de Graves Non Traitées (GNT) seront déposées.



Photo 5 : Suivant le besoin, pose d'une bâche textile et de graves concassées

L'ensemble sera ensuite nivelé et compacté.



Photo 6 : Nivellement



Photo 7 : Voie d'accès terminée

La largeur des voies d'accès au site sera de 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 existant 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 ferrailage 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 augmentées de quelques mètres pour permettre aux équipes de poser le ferrailage.



Photo 8 : 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 m³ de béton par éolienne), puis des opérateurs mettront en place un ferrailage 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 9 : Béton de propreté



Photo 10 : Ferrailage

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



Photo 11 : 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 12 : 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

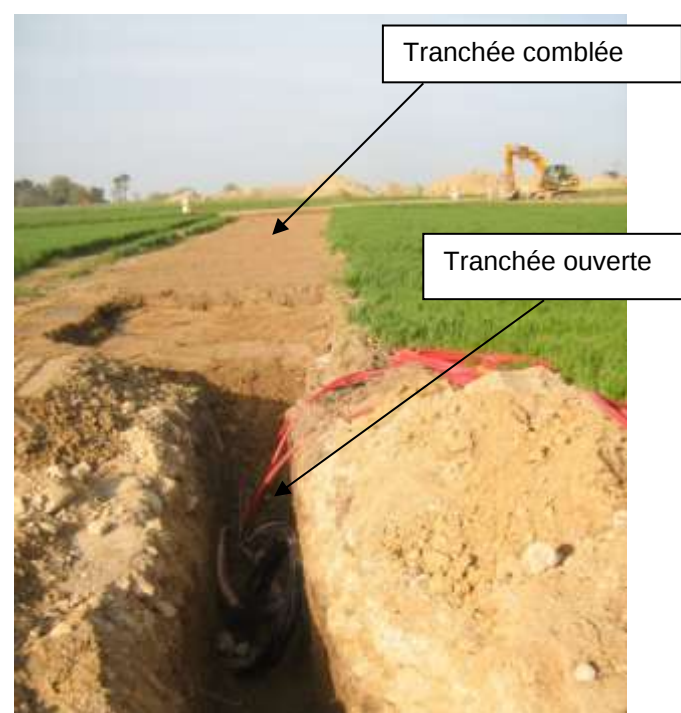
Les travaux de réseaux électriques internes seront réalisés simultanément aux travaux des pistes afin de limiter les impacts. Une pelle mécanique permettra de créer les tranchées (profondeur 80 cm à 1 m) pour le passage des câbles en souterrain. Le réseau de communication du parc éolien pourra être enfoui de manière simultanée avec le réseau électrique.



[Photo 13 : Excavation](#)



[Photo 14 : Sablage](#)



[Photo 15 : Tranchée équipée](#)

Les câbles seront entourés de gaines blindées pour assurer la protection et réduire le niveau de rayonnement électromagnétique. Suivant le mode de pose ils seront enrobés de sable, ou protégés par une chaussette en géotextile ; un grillage avertisseur rouge sera positionné à environ 30 cm au-dessus du câble.

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 16 : 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 au poste source d'Audierne, il sera d'une longueur d'environ 11,2 km.

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 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

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 17 et Photo 18 : 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 l'obstacle 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).

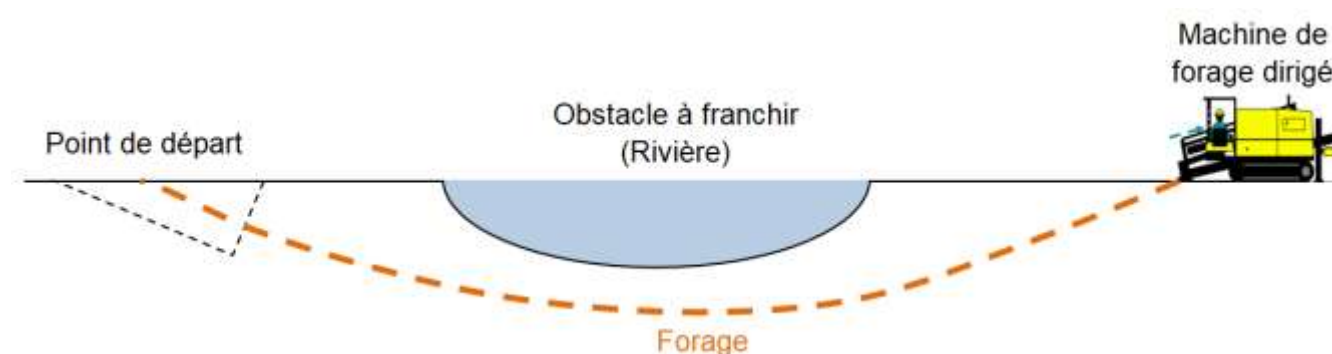


Figure 11 : Principe du forage dirigé



Photo 19 : 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

Chacun des éléments constituant l'éolienne (sections de tour, nacelle et pales) sera transféré, via les chemins aménagés, sur la plateforme spécialement aménagée près de chacune des fondations.



Photo 20 : 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 des mâts 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 (comme en forêt par exemple), chaque élément (rotor puis pales) est levé et assemblé aux autres directement au niveau de la nacelle. Ce type de montage permet de limiter notablement les besoins de défrichage en zone forestière.



Photo 21 : Montage des éléments de la tour



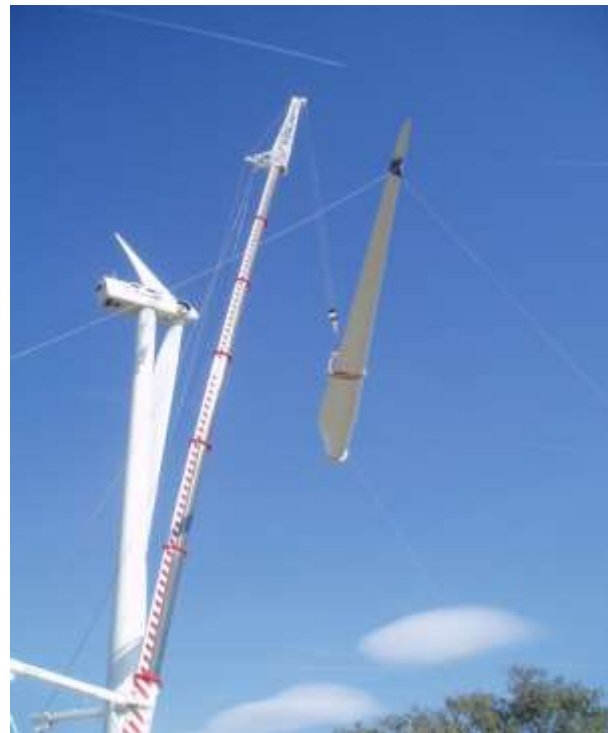
Photo 22 : Montage de la nacelle



[Photo 23 : Assemblage du rotor au sol](#)



[Photo 24 : Montage du rotor](#)



[Photo 25 : 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.

À l'issue de ces tests, il sera procédé à la Mise en Service Industrielle et commerciale du parc éolien. Une vérification 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 ou une simulation de ce régime sera effectuée suivant une périodicité n'excédant pas 1 an, conformément aux exigences de l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011 (relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.)

A-2.3.6. Remise en état à l'issue du chantier

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

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

A-2.4. CIRCULATION GLOBALE LIEE AU CHANTIER

La réalisation du chantier entraînera un passage accru de véhicules lourds sur le réseau routier local. Les gestionnaires de ce réseau seront consultés avant le démarrage des travaux afin de traiter toutes les questions relatives à la gestion de la circulation routière (validation des itinéraires, nombre de véhicules prévus...)

Concernant l'acheminement sur site, le trafic spécifique sur la durée totale du chantier (12 mois), s'élèvera à environ 560 camions au total, soit une moyenne de 2,6 camions par jours ouvrés (base de 220 jours ouvrés). Au-delà de ce trafic, la circulation interne au parc est également à prendre en compte (déplacements des camions, engins de chantier, déplacement du personnel en véhicules légers...).

Les différentes phases du chantier n'impliquent pas le même trafic. La phase la plus importante en termes de trafic routier sera lors du coulage des fondations. En effet, le coulage d'une fondation doit se faire dans une seule et même journée, ce sont donc environ 75 camions (toupies de 8 m³) qui circuleront en flux tendu sur une journée pour une éolienne. Dans les premiers mois du chantier, quelques jours présenteront donc un trafic routier pouvant entrainer une gêne temporaire et localisée des riverains.

Enfin, l'acheminement des éléments des éoliennes entrainera un trafic routier d'une dizaine de camions par jour et par éolienne. Si le trafic est moins important que lors du coulage des fondations, il s'agira de convois de dimension relativement conséquente.

A-2.5. LES CONSOMMATIONS ET EMISSIONS DES EOLIENNES EN PHASE DE CONSTRUCTION

A-2.5.1. 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. Cette eau sera acheminée par camion-citerne.

A-2.5.2. Les émissions

A-2.5.2.1. 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.

Pour rappel, le taux d'émission de gaz à effet de serre moyen de l'éolien terrestre est de 12,7 g d'équivalent CO₂ par kWh produit. Par comparaison, celui du mix électrique français est de l'ordre de 57,1 g CO₂ eq/kWh (source : Base carbone de l'ADEME - 2018).

A-2.5.2.2. 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 réservoir prévu à cet effet dans l'équipement. Ce réservoir sera pompé périodiquement et les effluents traités par une société agréée.

A-2.5.2.3. 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 fermées avant évacuation et traitement par une société agréée.

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), notamment sa productivité, les éventuels dysfonctionnements...

Le fonctionnement automatisé du parc éolien permet :

- D'optimiser la production du parc : placer le rotor des éoliennes face au vent, mise en service 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.

Des systèmes de bridage du parc peuvent être mis en place pour le respect de la réglementation acoustique et la préservation des chiroptères (chauves-souris).

Sur le plan acoustique, en fonction des vitesses et des directions de vent, certaines éoliennes peuvent nécessiter un fonctionnement en mode bridé dans certaines conditions, voire dans certains cas, être mises 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 donc pas 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-1.3.1.5 ci-avant) ;
- Suivant le cas, le dégivrage des pales.

La puissance cumulée de ces équipements est d'environ 2,5 kW, sans le dégivrage des pales et d'environ 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 à la page 30).

b) Les gaz à effet de serre (GES)

Les émissions de CO₂ des éoliennes ne sont pas liées à leur fonctionnement, mais à la construction des équipements et aux phases de construction et démantèlement.

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 dite préventive

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 24 h 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.

L'arrêté du 26 Août 2011 indique que « le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât. Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

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

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, dégraissant, 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 agréée.

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

A-4.1. CADRE REGLEMENTAIRE

A-4.1.1. Démantèlement et remise en état 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-4.1.2. Réutilisation 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 1^{er} 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-4.2. LE DEMANTELEMENT

A-4.2.1. Déroulé du chantier de démantèlement

Les différentes étapes d'un démantèlement sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

N°	Phase	Contenu	Durée estimée
1	Installation du chantier	Mise en place du panneau 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.	2 semaines
2	Découplage du parc	Mise hors tension de tout ou partie du parc au niveau des éoliennes ; mise en sécurité des éoliennes par le blocage de leurs pales.	1 à 2 jours
3	Préparation chantier	Préparation des accès et plateforme de grutage	1 à 2 mois
4	Démontage des éoliennes	Procédure inverse au montage Recyclage ou traitement par les filières spécialisées	Minimum 5 jours par machine
5	Démantèlement des fondations	Déconstruction totale des fondations actuelles (sans remblayage pour les éoliennes renouvelées aux mêmes emplacements)	5 à 10 jours
6	Démantèlement du raccordement électrique	Retrait des câbles nécessaires pour le renouvellement conformément à la réglementation en vigueur	1 mois.

Tableau 9 : Etapes du déroulé d'un chantier de démantèlement

A-4.2.1.1. La livraison des grues

Le démantèlement d'une éolienne nécessite l'intervention de deux grues. Le parc actuel dispose de plateformes pour certaines éoliennes (E2, E4 et E8), il faudra donc construire des plateformes temporaires de démontage.

Les plateformes déjà présentes sont suffisamment grandes pour pouvoir accueillir les grues de démontage et seront réutilisées. Celles-ci sont terrassées, visibles et gravillonnées.

Une zone à proximité immédiate des plateformes existantes pourra également être sollicitée pour la dépose des composants de l'éolienne démontée (nacelle, hub, pales, mât, ...).

Les surfaces mobilisées sont détaillées dans le Tableau ci-dessous.

Eolienne	Surface actuelle de plateforme [m²]	Surface temporaire à créer pour le démontage [m²]
E1	0	900
E2	900	0
E3	0	900
E4	1300	0
E5	0	900
E6	0	900
E7	0	900
E8	900	0

Tableau 10 : Surfaces actuelles et à créer pour le démontage des éoliennes

A-4.2.1.2. Le démontage des éoliennes et de leur fondation

Les grues automotrices seront déplacées d'une éolienne à l'autre.

Ainsi, les différents éléments composant une éolienne seront stockés dans la zone des 25 mètres autour du mât avant d'être pris en charge par des camions de transport.

Il est à noter que des vidanges préalables au démontage des éoliennes seront réalisées assurant une récupération de l'ensemble des huiles présentes dans chacune des éoliennes et ainsi éviter toute pollution accidentelle lors du démantèlement.

Un brise roche hydraulique pourra être utilisé pour la destruction totale des fondations, ou toute autre technique développée pour l'occasion.

Le béton sera débarrassé de la ferraille avant sa réutilisation dans le cadre du nouveau projet (travaux de terrassement notamment) ou sa destruction et son évacuation vers un centre de valorisation agréé.

Les excavations des fondations actuelles seront soit remblayées, soit reprises ultérieurement pour la création des nouvelles fondations.

A-4.2.2. L'évacuation des composants des éoliennes

L'évacuation des composants des éoliennes vers des centres de valorisation se fera au fur et à mesure. Le stockage sur site sera donc bref.

A-4.2.3. Le traitement des éoliennes démantelées

Les éoliennes démantelées pourront faire l'objet de plusieurs voies de valorisation/recyclage détaillées ci-après.

A-4.2.3.1. Marché de l'occasion et réemploi

Il existe un marché de l'occasion que la société ENGIE Green tentera de privilégier selon les besoins identifiés par le marché et l'état des composés démantelés. En effet, les éoliennes démantelées, en bon état, pourront être réutilisées sur un autre site, en France ou à l'étranger.

A-4.2.3.2. Recyclage des composants

D'autres filières de valorisation existent, telles que les utilisations énergétique, thermique, matière dans différentes filières agréées. Les éoliennes sont essentiellement composées de fibres de verre et d'acier, ainsi que de béton pour les fondations.

Les parties métalliques comme le mat et le rotor constituent plus de 90 % du poids des aérogénérateurs et se recyclent sans problème dans les filières existantes.

Le béton armé des fondations peut aussi être facilement valorisé : trié, concassé et déferraillé il est réutilisé sous la forme de granulats dans le secteur de la construction.

Les pales d'une éolienne sont constituées de matériaux composites à base de fibres de verre ou de carbone difficiles à recycler. Une première difficulté réside dans l'encombrement de ces pales dont la longueur ici est de 40 mètres.

Leur transport en une pièce vers une usine de recyclage serait une opération coûteuse et fastidieuse ; C'est la raison pour laquelle, ces pales seront découpées sur place à l'aide d'une grande scie à pales d'éoliennes qui permet de les découper en morceaux, rendant le transport plus aisé. Elles peuvent alors être broyées et valorisées comme combustible dans les cimenteries, en remplacement des carburants fossiles traditionnellement utilisés. Les cendres servent ensuite de matière première dans la fabrication du ciment. Cette technologie évite donc la production de déchets. Une autre possibilité consiste à utiliser le broyat de pales pour fabriquer de nouveaux matériaux composites. Enfin, l'entreprise Danoise Vestas travaille sur un nouveau processus de recyclage concernant les pales d'éoliennes actuelles et de le commercialiser à grande échelle.¹

Fort de son retour d'expérience en la matière, ENGIE GREEN mettra tout en œuvre pour valoriser les éléments issus du démantèlement du parc éolien existant.

¹ 1 Le danois Vestas invente une solution de recyclage pour les éoliennes (sciencepost.fr)

A-4.3. LES CONSOMMATIONS ET EMISSIONS DES EOLIENNES 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-2.5 à la page 28). Seules les quantités de déchets seront plus importantes, car certains équipements techniques du parc seront alors 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 définie 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

Le parc de renouvellement du parc éolien de Kérigaret prévoit l'implantation de 6 éoliennes d'une puissance unitaire de 3,675 MW.

Le montant des garanties financières du parc de renouvellement du parc éolien de Kérigaret est donc de 701 250 €.

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.

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.

FIN DU DOSSIER

NE PAS IMPRIMER

Ne pas supprimer, ni modifier

Elément	Données	Unités
Exploitation		
Exploitant	ENGIE Green Kérigaret 1 et 2	
Parc éolien	de renouvellement du parc éolien de Kérigaret	
Porteur de projet	ENGIE Green	
Communes d'accueil	Plozévet, Mahalon, et Guiler-sur-Goyen	
Région	Bretagne	
Département	du Finistère	
Communauté de communes	Cap Sizun - Pointe du Raz et Haut Pays Bigouden	
Les éoliennes		
Nombre d'éoliennes	6	
Modèle	N117	
Puissance unitaire	3,675	MW
Puissance totale	22,05	MW
Hauteur totale	150	m
Hauteur du mat	91,5	m
Diamètre	117	m
Longueur de la pale	58,5	m
Les surfaces		
Superficie de la ZIP	80,23	Ha
Surface de la fondation	383,6	m²
Surface totale des fondations	2 301,6	m²
Surface plateforme 1	1 000	m²
Surface plateforme 2	1 000	m²
Surface plateforme 3	1 000	m²
Surface plateforme 4	1 031,2	m²
Surface plateforme 5	1 000	m²
Surface plateforme 6	1 310	m²
Surface plateforme 7	XX	m²
Surface plateforme 8	XX	m²
Total des plateformes	6 341,2	m²
Surface dalle PDL	932,1	m²
Surface chemins renforcés	25 085	m²

Surface chemins créés	4 187	m²
Surface défrichée	XX	ha
Largeur voirie	5	m
Longueur de chemins renforcés	5 948	m
Longueur des chemins créés	1 008	m
Surface totale voirie	29 272	m²
Elec		
Linéaire câble élec liaison interne	2 485	m
Linéaire câble élec raccordement externe	11,2	km
Nombre de PDL	2	
Poste source	Audierne	
Autres informations		
Production annuelle attendue	55	GWh
Nombre de foyers équivalent	25 000	
CO2 économisé	24 000	tonnes
Garanties financières 50 k€/éol	XX	
Durée des travaux	12	mois
Nombre allers retours camions	560	