

Société Iberdrola Développement Renouvelable

Projet éolien des Berges de Charente

Département de la Charente

Communes de Chenon, Moutonneau et Aunac-sur-Charente

PIECE 1- DESCRIPTION DU PROJET

(PJ n°46 du CERFA 15964*01)

Réf : 2019-000232 Février 2022

www.cabinet-ectare.fr



SOMMAIRE

1. PRESENTATION DU DEMANDEUR ET DE LA DEMANDE	3
1.1. <i>Présentation du demandeur</i>	3
1.2. <i>Présentation de la demande</i>	4
2. DESCRIPTION DU PROJET	5
2.1. <i>Descriptif et emplacement du projet</i>	5
2.1.1. Situation cadastrale	5
2.1.2. Coordonnées géographiques des éoliennes	5
2.1.3. Itinéraires d'accès	6
2.2. <i>Nature et volume de l'activité</i>	9
2.2.1. Caractéristiques générales du projet.....	9
2.2.2. Nomenclature ICPE	9
2.2.3. Périmètre de l'enquête publique.....	9
3. DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN	11
3.1. <i>Généralités sur un parc éolien</i>	11
3.2. <i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i>	11
3.2.1. Éléments constitutifs d'un aérogénérateur	11
3.2.2. Emprise au sol	12
3.3. <i>Principe général du fonctionnement d'un aérogénérateur</i>	12
3.4. <i>Fonctionnement des réseaux de l'installation</i>	12
3.4.1. Réseau inter-éolien.....	13
3.4.2. Poste de livraison	13
3.4.3. Réseau externe	13
3.5. <i>Éléments de sécurité</i>	13
3.5.1. Système de freinage.....	13
3.5.2. Système de fermeture de la porte	13
3.5.3. Protection foudre	13
3.5.4. Système de détection de givre	14
3.5.5. Protection incendie	14
3.5.6. Protection contre le risque électrique	14
3.5.7. Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle	15
3.5.8. Surveillance des principaux paramètres.....	15
3.6. <i>Stockage de flux et produits dangereux</i>	15
4. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DU PROJET DES BERGES DE CHARENTE	16
4.1. <i>Les installations permanentes</i>	16
4.1.1. Les éoliennes	16
4.1.2. Les plateformes	18
4.1.3. Fondations.....	18
4.1.4. Les chemins d'accès	19
4.1.5. Les lignes électriques internes au parc éolien	20
4.1.6. Le poste de livraison électrique.....	20
4.1.7. Hypothèse de raccordement au réseau public	22
4.2. <i>Les surfaces temporaires nécessaires à la construction du parc</i>	22
4.2.1. Les virages	22
4.3. <i>Les aires de cantonnement des entreprises et la base de vie</i>	22
4.4. <i>Sécurité de l'installation : Respect des principales normes applicables à l'installation</i>	23
4.4.1. Conformité aux prescriptions générales.....	23
4.4.2. Certificats des éoliennes	23
5. CONSTRUCTION DU PARC EOLIEN	23
5.1. <i>Organisation</i>	23
5.1.1. Phase d'étude de projet (PRO)	23
5.1.2. Phase d'assistance contrat des travaux (ACT).....	23
5.1.3. Phase de Direction d'Exécution des Travaux (DET).....	23
5.1.4. Phase d'Assistance aux Opérations de Réception (AOR).....	24
5.2. <i>Phasage des travaux</i>	24
5.2.1. Planning prévisionnel	24
5.2.2. Grandes phases des travaux	24
5.3. <i>Descriptif des travaux</i>	25
5.3.1. Travaux préliminaires à la déclaration de début d'exploitation	25
5.3.2. Phase 1 : Travaux de génie civil et opérations associées	25
5.3.3. Phase 2 – Raccordements électriques	29
5.3.4. Phase 3 – Installation et mise en service de l'éolienne.....	30
5.3.5. Phase 4 – Mise en service	32
5.3.6. Matériels et déchets liés au chantier.....	32



6. PHASE D'EXPLOITATION	33
6.1. <i>Durée de l'exploitation et capacité de l'installation</i>	33
6.2. <i>Suivi et maintenance</i>	33
6.2.1. Système de surveillance des éoliennes	33
6.2.2. Horaires de travail.....	33
6.2.3. Personnel présent sur le site	33
6.2.4. Transport.....	34
6.2.5. Conformité réglementaire	34
6.2.6. Matériels et déchets liés à l'exploitation	34
6.2.7. Déchets en phase d'exploitation.....	34
6.2.8. Entretien des éoliennes	34
7. ARRÊT DE L'EXPLOITATION - PHASE DE DEMANTELEMENT.....	36
7.1. <i>Les différentes opérations</i>	36
7.2. <i>Conditions de démantèlement des éoliennes en fin d'exploitation et garanties financières.....</i>	36
7.2.1. Le contexte réglementaire	36
7.2.2. Démantèlement du parc éolien et remise en état du site	37
7.2.3. Garanties financières.....	39
8. BILAN DES PRINCIPAUX ELEMENTS DESCRIPTIFS DU PROJET	40

TABLE DES CARTES

Carte 1 : Plan de situation du projet.....	7
Carte 2 : Plan d'ensemble du projet.....	8
Carte 3 - Communes concernées par le rayon d'affichage (© ECTARE).....	10

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Localisation générale du projet	5
Tableau 2 : Caractéristiques des deux modèles d'éoliennes envisagés pour le projet	5
Tableau 3 : Localisation cadastrale du projet.....	5
Tableau 4 : Coordonnées des éoliennes	5
Tableau 5: Caractéristiques des plateformes minimum permanentes pour les éoliennes retenues	18
Tableau 6 : Exemples de normes et standards appliquées pour la construction des éoliennes	23
Tableau 7 - Les différentes étapes du démantèlement d'un parc éolien	37
Tableau 8 - Principaux éléments du projet.....	40

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 – L'éolienne	11
Illustration 2 - Schéma d'une nacelle.....	11
Illustration 3 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne	12
Illustration 4 - Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien (Source : Trame type de Réalisation de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, décembre 2011).....	13
Illustration 5 - Vue en coupe d'une semelle d'éolienne superficielle	18
Illustration 6 - Fondations d'éoliennes en phases de construction.....	19
Illustration 7 - Zoom sur la zone d'implantation du poste de livraison (source : Iberdrola).....	21
Illustration 8 - Schéma de principe de raccordement au réseau public de distribution d'électricité.....	22
Illustration 9 - Exemples de base - vie sans raccordement possible aux réseaux.....	25
Illustration 10 - Création des chemins d'accès.....	26
Illustration 11 : Configuration des pistes.....	26
Illustration 12 – Localisation des différents virages temporaires dans le cadre du projet (source : IBERDROLA)..	27
Illustration 13 - Épandage pour traitement à la chaux – piste confectionnée en GNT	27
Illustration 14 - Évolution du taux de défaillance en fonction du temps	35



1. PRESENTATION DU DEMANDEUR ET DE LA DEMANDE

La demande d'autorisation environnementale pour la construction et l'exploitation du présent projet éolien des Berges de Charente, de 4 aérogénérateurs, sur les communes de Chenon, Aunac-sur-Charente et Moutonneau, dans le département de la Charente en région Nouvelle Aquitaine, est effectuée par la société IBERDROLA DEVELOPPEMENT RENOUVELABLE, détenue en totalité par la société IBERDROLA RENOUVELABLES FRANCE elle-même détenue en totalité par le groupe IBERDROLA.

1.1. PRESENTATION DU DEMANDEUR

1.1.1.1. Le Groupe Iberdrola

Le Groupe IBERDROLA est leader dans les énergies renouvelables avec 37 GW de capacités installées (éoliens et solaires) dans le monde à fin 2019.

IBERDROLA est le premier investisseur en énergies renouvelables au monde. En France, le groupe Iberdrola renforce sa croissance dans le secteur des énergies renouvelables en investissant plus de 3 milliards d'euros entre 2020 et 2023.

IBERDROLA et ses filiales ont investi environ 9 246 millions d'euros dans des projets d'énergies renouvelables terrestres en 2020 dans le monde et réalisé un chiffre d'affaires consolidé de 111 654 900 euros en 2020. Les capitaux propres consolidés du Groupe IBERDROLA s'établissent au 31 décembre 2020 à un montant de 4 774 566 000 d'euros.

1.1.1.2. IBERDROLA RENOUVELABLES FRANCE : filiale française du Groupe IBERDROLA

IBERDROLA RENOUVELABLES FRANCE est la filiale française du Groupe IBERDROLA, un des plus grands producteurs d'énergies renouvelables d'Europe et des États-Unis et l'une des cinq plus grandes entreprises d'électricité du monde.

La société développe, construit et opère des projets photovoltaïques, éoliens terrestres et éoliens offshore en France en privilégiant le développement économique et environnemental des territoires concernés.

IBERDROLA RENOUVELABLES FRANCE compte une équipe de plus de 70 experts dans le secteur des énergies renouvelables travaillant dans 4 bureaux situés à Paris (siège social), Saint-Brieuc, Marseille et Limoges.

Greffes du Tribunal de Commerce de Marseille
2 Rue Emile Pollak
13291 Marseille 6e Arrondissement Cedex 06
N° de gestion 2012B03056



Extrait Kbis

EXTRAIT D'IMMATRICULATION PRINCIPALE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIÉTÉS
à jour au 22 décembre 2021

IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE

Immatriculation au RCS, numéro	753 453 778 R.C.S. Marseille
Date d'immatriculation	13/09/2012
Dénomination ou raison sociale	Iberdrola Développement Renouvelable
Forme juridique	Société à responsabilité limitée (Société à associé unique)
Capital social	1 500,00 Euros
Adresse du siège	Immeuble Grand Large 2 9 Boulevard de Dunkerque 13002 Marseille 2e Arrondissement
Activités principales	Acquisition et exploitation d'installations utilisant l'énergie mécanique du vent. Prise de participation par tous moyens, gestion, cession de toutes participations majoritaires ou minoritaires dans toutes sociétés ou entreprises quelconques créés ou à créer.
Durée de la personne morale	Jusqu'au 13/09/2111
Date de clôture de l'exercice social	31 décembre

GESTION, DIRECTION, ADMINISTRATION, CONTROLE, ASSOCIÉS OU MEMBRES

Gérant	
Nom, prénoms	RAMASSAMYPOULLE Elsa
Nom d'usage	NITOT
Date et lieu de naissance	Le 07/04/1974 à Paris (75)
Nationalité	Française
Domicile personnel	2 Square Pierre Loti 14750 Saint-Aubin-sur-Mer

Gérant	
Nom, prénoms	MORALES GOMEZ Maria, Consuelo
Date et lieu de naissance	Le 16/09/1972 à ZARAGOZA (ESPAGNE)
Nationalité	Espagnole
Domicile personnel	Calle Ramirez de Arellano, 6. . 001 A MADRID (ESPAGNE)

RENSEIGNEMENTS RELATIFS A L'ACTIVITE ET A L'ETABLISSEMENT PRINCIPAL

Adresse de l'établissement	Immeuble Grand Large 2 9 Boulevard de Dunkerque 13002 Marseille 2e Arrondissement
Activité(s) exercée(s)	Acquisition et exploitation d'installations utilisant l'énergie mécanique du vent. Prise de participation par tous moyens, gestion, cession de toutes participations majoritaires ou minoritaires dans toutes sociétés ou entreprises quelconques créés ou à créer.
Date de commencement d'activité	01/07/2012
Origine du fonds ou de l'activité	Création

**Greffes du Tribunal de Commerce de Marseille**2 Rue Emile Pollak
13291 Marseille 6e Arrondissement Cedex 06

N° de gestion 2012B03056

Mode d'exploitation

Exploitation directe

Le Greffier



FIN DE L'EXTRAIT

1.2. PRESENTATION DE LA DEMANDE

IBERDROLA DEVELOPPEMENT RENOUELABLE projette d'implanter un parc éolien sur les communes de Chenon, Aunac-sur-Charente et Moutonneau (4 éoliennes, d'une puissance unitaire comprise entre 3,4 MW et 3,6 MW, soit une puissance installée entre 13,6 MW et 14,4 MW).

À ce stade, plusieurs modèles d'éoliennes sont envisagés :

- la Siemens Gamesa (SG 132) de puissance 3,4 MW, de diamètre de rotor de 132 m avec une hauteur moyeu de 97 m, une garde au sol de 31 m, portant la hauteur en bout de pôle à 163 m ;
- la Nordex (N131) de puissance 3,6 MW, de diamètre de rotor de 131 m avec une hauteur moyeu de 99 m, une garde au sol de 33,5 m, portant la hauteur en bout de pôle à 164,5 m.

Chaque étude réalisée pour le projet a ainsi considéré le modèle le plus contraignant au regard de la thématique traitée (paysage, étude de dangers, etc.)

NB : Le choix final sera arrêté lorsque les autorisations auront été délivrées. Le délai entre la réalisation des études et le chantier pouvant varier de 4 à 8 ans, il est pertinent de choisir le modèle d'éolienne le plus performant et le plus adapté au moment de la construction. Dans l'éventualité où le modèle des éoliennes qui seraient implantées venait à être substantiellement différent de ceux présentés dans ce dossier, un dossier de demande de modifications des conditions d'exploitation serait alors déposé. Si les modifications des éoliennes sont notables mais non substantielles, un porté à connaissance serait produit pour le préfet.

Le présent projet de parc éolien, objet de la présente demande d'autorisation environnementale, permettra de produire chaque année 27 GWh, soit l'équivalent de la consommation spécifique d'environ 5460 foyers¹.

¹ Sur la base d'une consommation moyenne en 2020 par foyer de 4 944 kWh (source : statistiques sur la consommation d'électricité en France)



2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1. DESCRIPTIF ET EMLACEMENT DU PROJET

2.1.1. Situation cadastrale

Le projet éolien des Berges de Charente se compose de quatre éoliennes et d'un poste de livraison, implantés sur les communes de Chenon, Moutonneau et Aunac-sur-Charente, dans le département de la Charente (16), en région Nouvelle-Aquitaine.

Le projet se situe essentiellement sur des parcelles dédiées à l'exploitation agricole, à plus de 500 m de l'habitation la plus proche. L'altitude moyenne du site d'implantation oscille entre 50 et 130 m.

Région	Nouvelle-Aquitaine
Département	Charente (16)
Communes	Chenon, Moutonneau et Aunac-sur-Charente

Tableau 1 : Localisation générale du projet

Le poste de livraison est implanté à proximité de la RD27.

Aucun poste de transformation ne sera visible dans ce parc puisqu'ils seront tous positionnés à l'intérieur des aérogénérateurs.

À ce stade, deux modèles d'éoliennes sont envisagés. De façon à maximiser les risques, chaque étude réalisée pour la conception de ce projet tient compte du modèle considéré comme le plus impactant pour la thématique étudiée (paysage, étude écologique, étude de dangers, etc.). Les caractéristiques des deux modèles envisagés sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Gabarit envisagé	Puissance unitaire	Hauteur au moyeu (m)	Diamètre du rotor (m)	Hauteur totale (m)
Siemens Gamesa SG 132	3,4 MW	97	132	163
Nordex N131	3,6 MW	99	131	164,5

Tableau 2 : Caractéristiques des deux modèles d'éoliennes envisagés pour le projet

Le parc éolien devrait permettre une production électrique annuelle d'environ **27 à 28 GWh/an**.

Le projet des Berges de Charente est implanté sur les sections cadastrales ZI de Chenon, ZC de Moutonneau et ZB d'Aunac.

Les installations définitives du projet concernent 9 parcelles :

Eoliennes	Commune d'implantation	Code postal	Section	N° de parcelle	Superficie de la parcelle	Emprise du projet sur la parcelle (m ²)	
E1	Chenon	16460	ZI	35	3 ha 67 a 10 ca	1487	
	Chenon			36	3 ha 61 a 50 ca	1516	
PDL	Chenon			49	87 a 70 ca	66	
E2	Moutonneau		ZC	19	1 ha 85 a 60 ca	1475	
	Moutonneau			18	81 a 30 ca	1024	
E4	Moutonneau			27	5 ha 45 a 90 ca	3073	
	Moutonneau			28a	1 ha 81 a 0 ca	121,5	
E3	Aunac			ZB	116	4 ha 64 a 90 ca	1324
	Aunac				115	1 ha 45 a 0 ca	1120

Tableau 3 : Localisation cadastrale du projet

2.1.2. Coordonnées géographiques des éoliennes

Les coordonnées géographiques des 4 éoliennes (E) sont les suivantes :

Éolienne	Lambert 93	
	Coord X	Coord Y
E01	483772,4674	6540416,3275
E02	483929,598	6539478,451
E03	484340,466	6540305,488
E04	484375,571	6539490,133

Tableau 4 : Coordonnées des éoliennes



2.1.3. Itinéraires d'accès

Afin de réaliser la construction, l'exploitation ainsi que le démantèlement du parc, un réseau de voirie est nécessaire pendant toute la durée de vie de la centrale éolienne.

Ces voiries sont réalisées préférentiellement par restauration et amélioration des voies existantes. Les créations sont limitées afin de réutiliser au maximum le réseau existant.

2.1.3.1. Accès existants

L'emplacement futur des éoliennes est accessible depuis la RN10, puis via la D27 et les voiries locales. Une étude de reconnaissance d'itinéraire sera effectuée par le fournisseur d'éolienne en amont de la construction.

Certaines voies existantes seront utilisées pour la desserte de chaque éolienne. Localement, seule une voie sera élargie (passant de 2,5 à 4,5 m) sur un linéaire de 1335 m environ. Cet élargissement sera conservé tout au long de l'exploitation.

2.1.3.2. Accès à créer

Peu d'accès devront être créés.

Les accès créés correspondent pour l'essentiel aux quatre pistes nouvelles qui relieront les voiries existantes aux quatre éoliennes.

Les pistes d'accès aux éoliennes créées représentent un linéaire de 1 030 m environ, soit une emprise totale stabilisée d'environ 4 635 m².

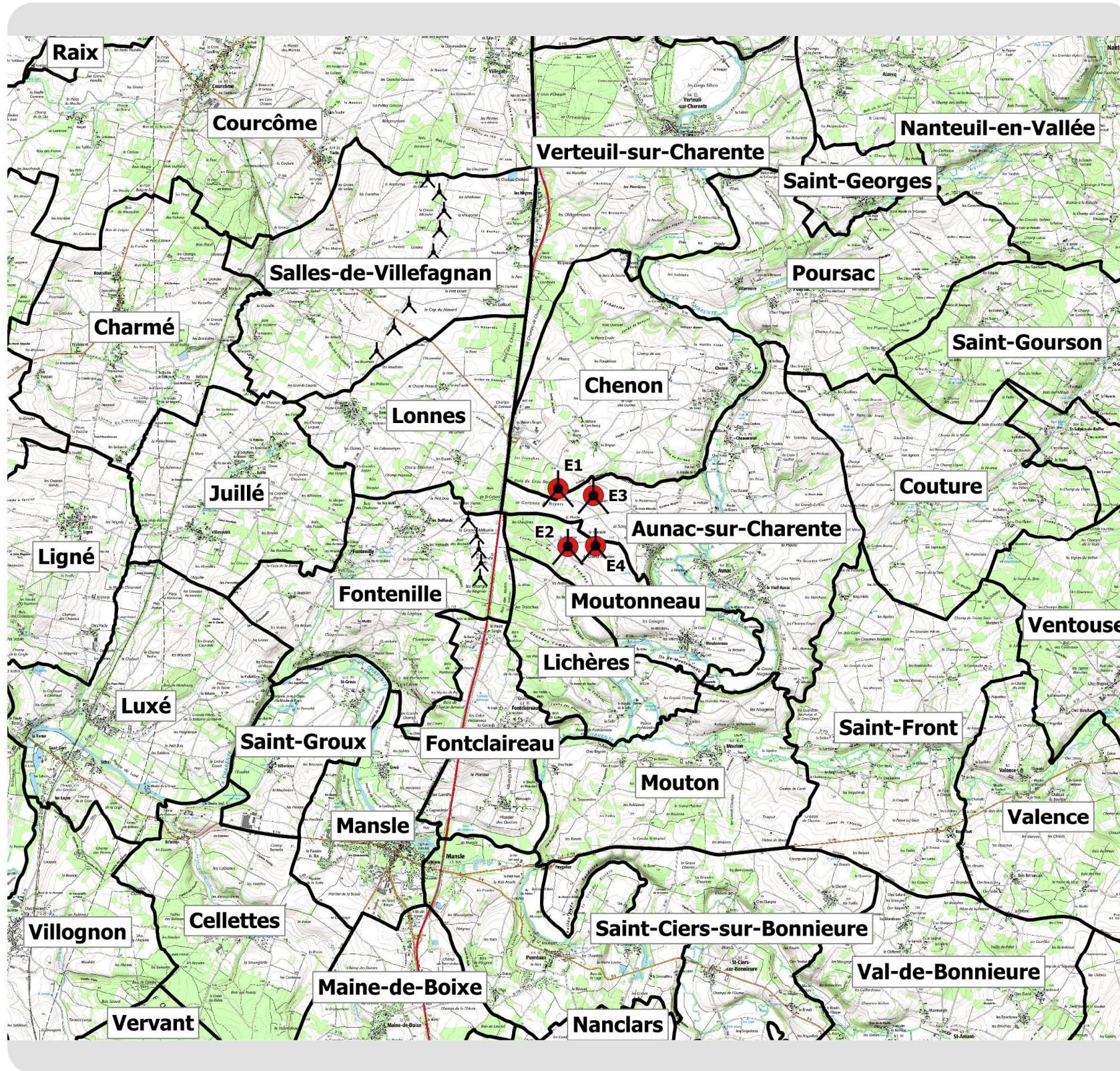
L'aménagement consiste en un décapage puis un empierrement avec du matériau naturel et un compactage par couche.

Ce réseau créé sera conservé tout au long de l'exploitation.

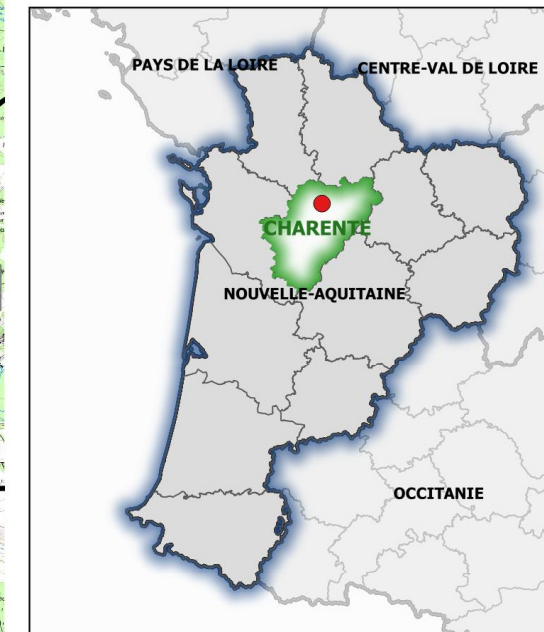


Carte 1 : Plan de situation du projet

NB : Le plan de situation d'Iberdrola figure à la pièce 11



Projet
 Eoliennes
 Limites administratives
 Communes



Date de réalisation : Janvier 2022
 Logiciel utilisé : QGIS 3.18.3-Zürich
 Sources : SCAN 25 TOPO®
 ADMIN EXPRESS

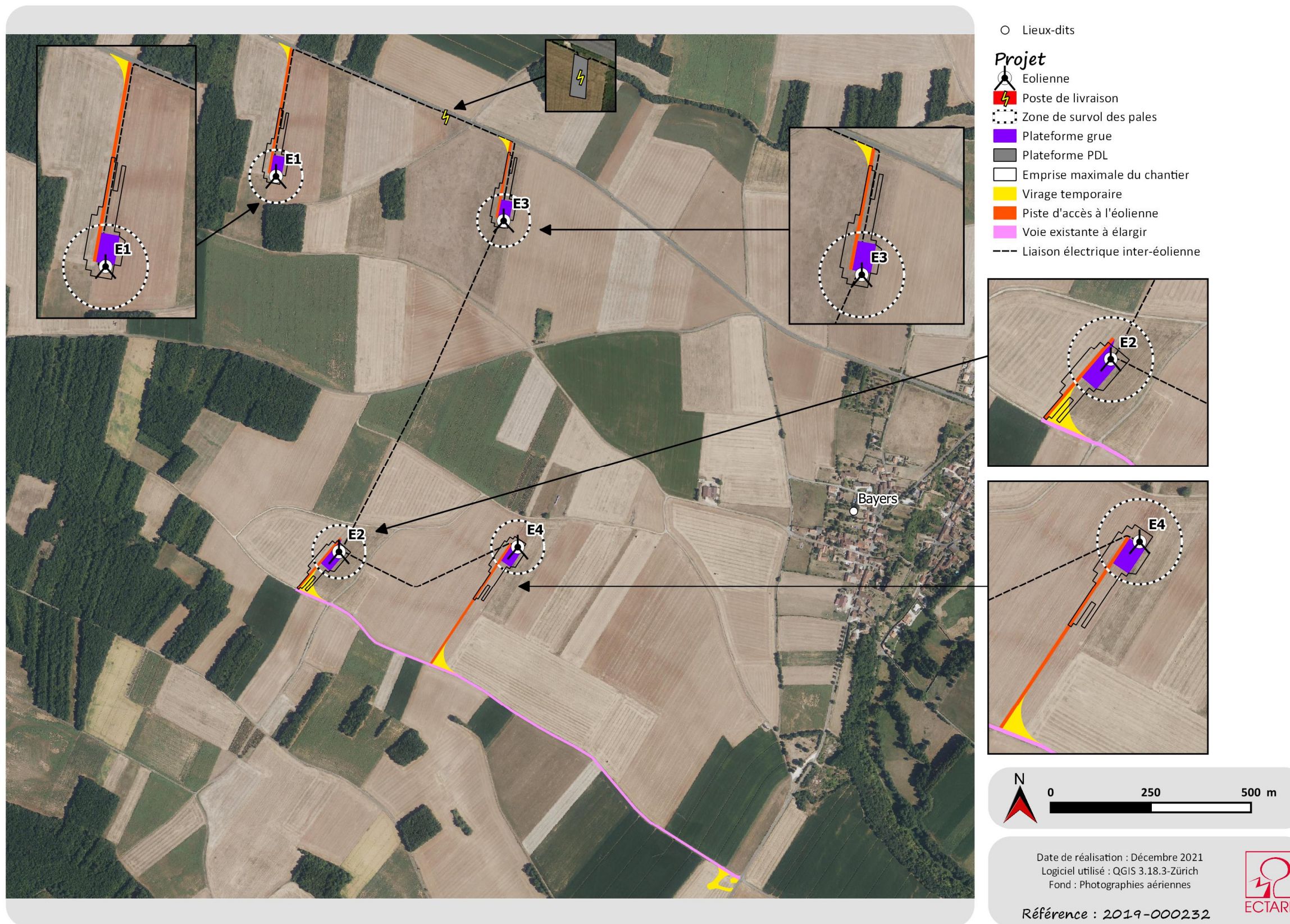
Référence : 2019-000232





Carte 2 : Plan d'ensemble du projet

NB : Le plan figure à la bonne échelle à la pièce 12





2.2. NATURE ET VOLUME DE L'ACTIVITE

2.2.1. Caractéristiques générales du projet

Le projet éolien de Chenon, Moutonneau et Aunac sera composé de 4 éoliennes d'une puissance unitaire comprise entre 3,4 et 3,6 MW, soit une puissance installée totale de 13,6 à 14,4 MW.

La période d'exploitation du parc éolien durera un minimum de 20 ans et pourra être porté à 30 ans.

À ce stade, deux modèles d'éoliennes sont envisagés : la Siemens Gamesa (SG 132) avec une hauteur moyen de 97 m et la Nordex (N131) avec une hauteur moyen de 99 m.

Chaque étude réalisée pour le projet a considéré le modèle le plus contraignant au regard de la thématique traitée (paysage, étude de dangers, etc.).

Avec une puissance installée de 13,6 ou 14,4 MW, le parc éolien de Chenon, Moutonneau et Aunac permettra de produire chaque année environ **27 GWh/an**, soit l'équivalent de la consommation spécifique d'environ 5460 foyers².

Le projet éolien s'accompagnera d'un poste de livraison, des plateformes d'implantation des éoliennes et des accès :

- le poste de livraison fait 18 m² sur une plateforme gravillonnée d'environ 66 m²,
- les plateformes en phase d'exploitation totalisent une surface de 5 455 m²,
- les accès, existants ou créés, représentent un linéaire de 2 365 m (soit une surface approximative de 7 305 m²).

Un réseau électrique inter-éoliennes, jusqu'au poste de livraison puis au point de raccordement sera enterré :

- le réseau interne représente un linéaire d'environ 2 540 ml,
- le réseau de raccordement du projet au réseau public est estimé entre 9 et 12 km selon le poste source.

2.2.2. Nomenclature ICPE

Une seule rubrique de la nomenclature est concernée par cette activité au titre du Code de l'Environnement (annexe de l'article R. 511-9 fixant la nomenclature des installations classées pour l'environnement). Elle est indiquée dans le tableau ci-dessous :

2980. Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs	Rubrique
1) Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât à une hauteur supérieure ou égale à 50 m	A-6

Le parc éolien projeté ici est soumis au régime de l'autorisation environnementale au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (Article L. 181-1 du Code de l'environnement).

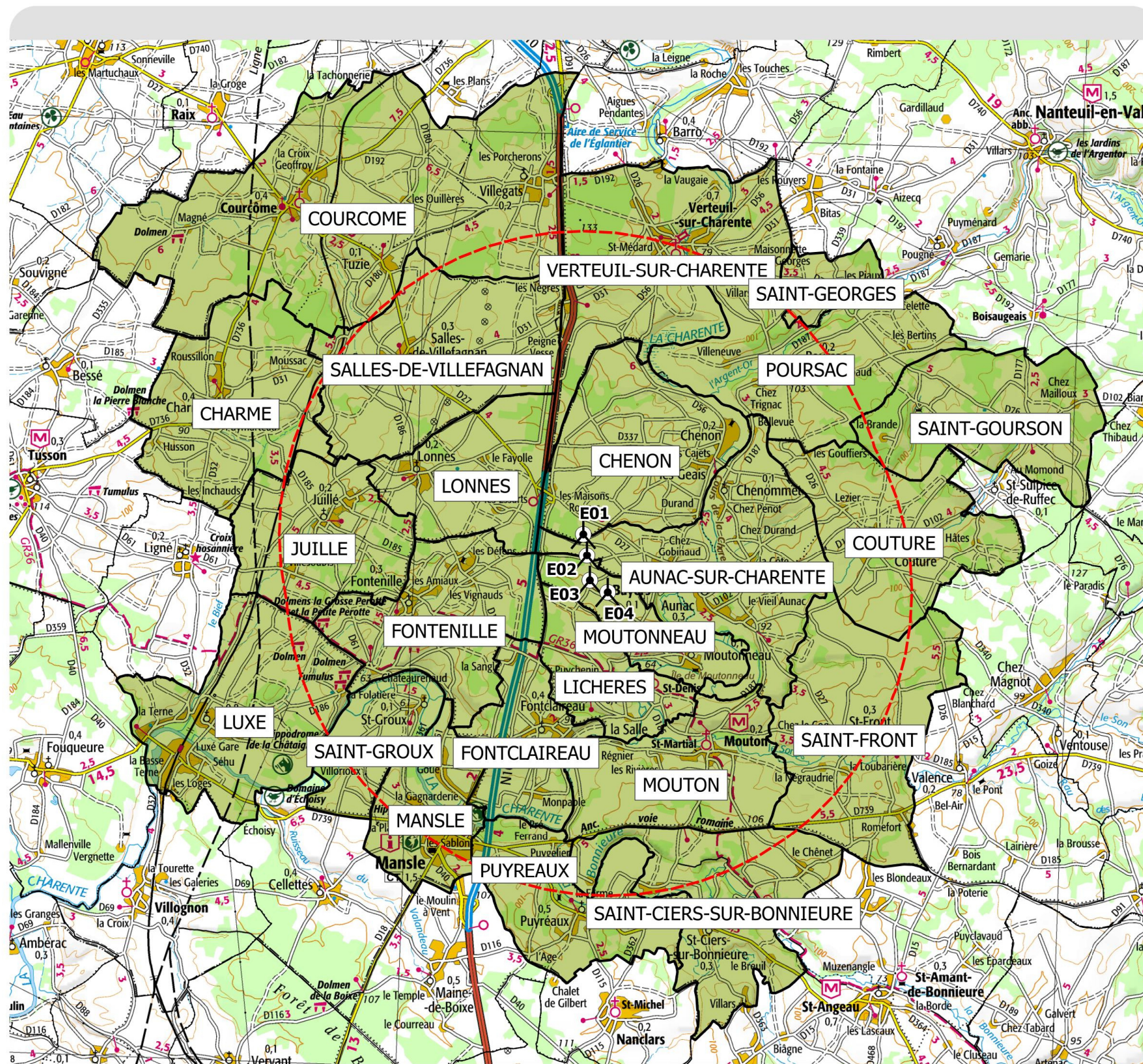
2.2.3. Périmètre de l'enquête publique

23 communes, visibles sur la carte en page suivante, ont une partie au moins de leur territoire compris dans un rayon de 6 km autour des limites du site et sont donc concernées par l'enquête publique (voir carte en page suivante).

² Sur la base d'une consommation moyenne en 2020 par foyer de 4 944 kWh (source : statistiques sur la consommation d'électricité en France)



Carte 3 - Communes concernées par le rayon d'affichage (© ECTARE)

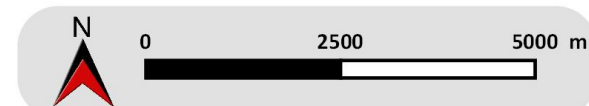


Projet

- Éoliennes
- Rayon d'affichage de 6km autour des éoliennes

Limites administratives

- Communes dans le rayon de 6km autour des éoliennes
- Autres communes hors rayon



Date de réalisation : Mars 2020
 Logiciel utilisé : QGIS 2.18.26
 Sources : © SCAN 100®
 ADMIN EXPRESS



Référence : 2019-000232



3. DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

3.1. GENERALITES SUR UN PARC EOLIEN

Éolienne : mécanisme rotatif au moyen duquel l'énergie cinétique du vent est convertie en une autre forme d'énergie.

Aérogénérateur : système destiné à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie électrique (par simplification les termes aérogénérateurs et éoliennes sont indifféremment utilisés dans la présente étude et l'ensemble de ces annexes).

Centrale (ferme ou parc) éolienne : centrale électrique constituée d'un ou plusieurs aérogénérateurs.

3.2. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

Un parc éolien est une installation de production d'électricité pour le réseau électrique national par l'exploitation de la force du vent. Il s'agit d'une production au fil du vent, analogue à la production au fil de l'eau des centrales hydrauliques. Il n'y a donc pas de stockage d'électricité.

Un parc éolien se compose :

- D'un **ensemble d'éoliennes**, fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme ». Les éoliennes sont espacées afin de respecter les contraintes aérodynamiques. L'écartement entre deux éoliennes doit être suffisant pour limiter les effets de turbulences et les effets dit de sillage, dus au passage du vent au travers du rotor qui perturbe l'écoulement de l'air ;
- De **voies d'accès et de pistes de desserte intrasite**. Tout parc éolien doit être accessible pour le transport des éléments des aérogénérateurs et le passage des engins de levage. Les exigences techniques de ces accès concernent leur largeur, leur rayon de courbure et leur pente. Ensuite, pour l'entretien et le suivi des machines en exploitation, ces accès doivent être maintenus et entretenus, ainsi que les pistes permettant d'accéder au pied de chaque éolienne installée ;
- D'un **ensemble de réseaux** composés :
 - De câbles électriques de raccordement au réseau électrique local ;
 - De câbles optiques permettant l'échange d'information au niveau de chaque éolienne ;
 - D'un réseau de mise à la terre ;
- **D'éléments connexes** (local technique, mât de mesures anémométriques...).

3.2.1. Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

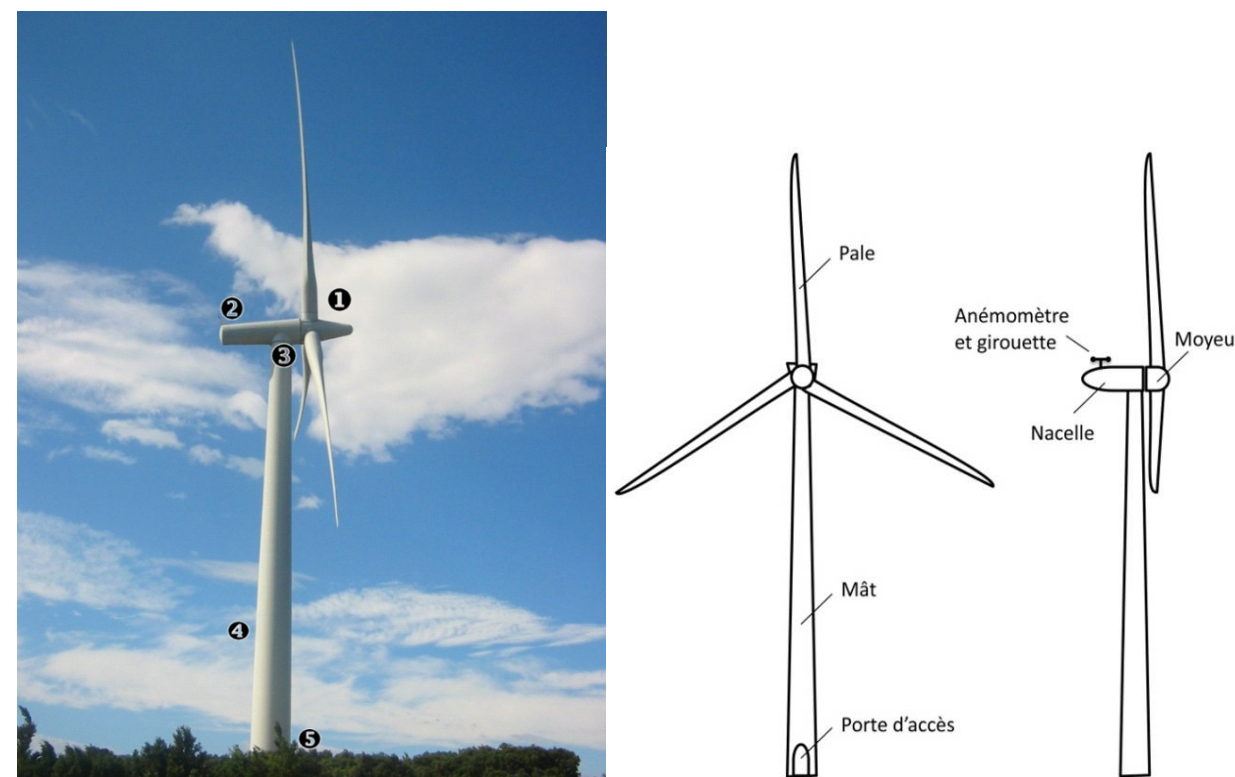


Illustration 1 – L'éolienne

Une éolienne est constituée d'un **rotor (1)**, qui comporte 3 pales, construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu, relié à la **nacelle (2)**.

La nacelle abrite plusieurs éléments fonctionnels :

- Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
- Le multiplicateur (certaines technologies, telles que Enercon, n'en utilisent pas) ;
- Le système de freinage mécanique ;
- Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
- Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
- Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aérienne.

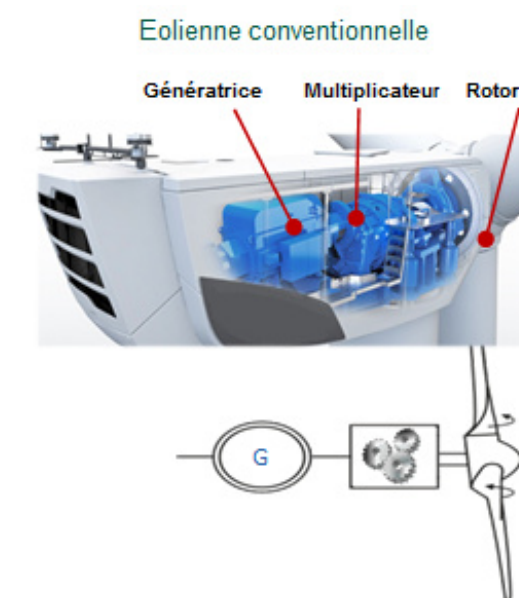


Illustration 2 - Schéma d'une nacelle



La nacelle est positionnée au sommet d'un **mât** tubulaire en acier ou en béton (4) constitué de plusieurs tronçons. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.

L'éolienne repose sur une **fondation** en béton (5).

Les éoliennes actuelles ont une capacité nominale comprise entre 2 et 4 Mégawatts et ont une hauteur qui peut atteindre 200 mètres en bout de pale. Au sein d'un parc éolien, les éoliennes sont toutes identiques, de couleur blanc grisé (RAL 7035 ou similaire).

Un balisage lumineux est requis par les services de l'État en charge de la sécurité de la navigation au sein de l'espace aérien (Aviation Civile, Armée de l'Air).

3.2.2. Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation des parcs éoliens :

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes ;
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol ;
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât ;
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.
- Les chemins d'accès permettent de gagner à l'aide d'un véhicule les différentes éoliennes et le poste de livraison.

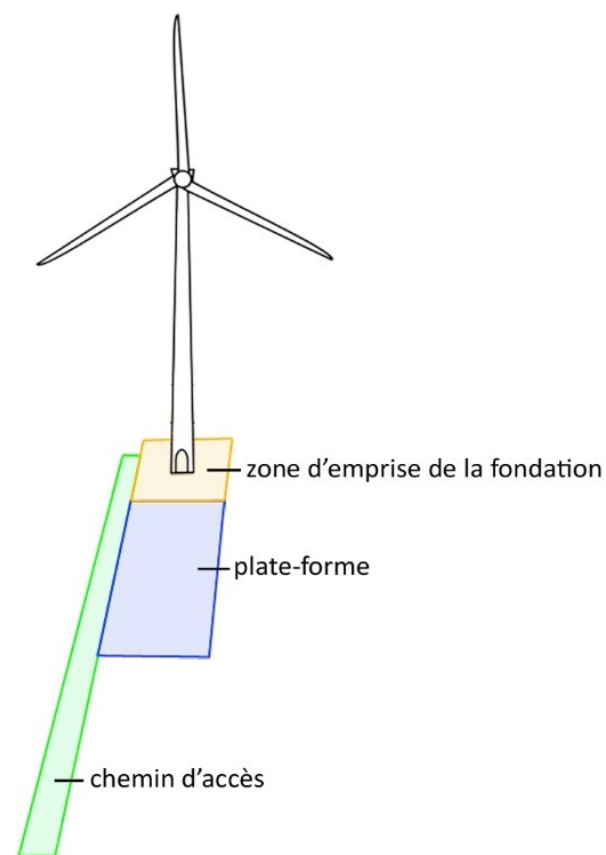


Illustration 3 - Illustration des emprises au sol d'une éolienne

3.3. PRINCIPE GENERAL DU FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

Les aérogénérateurs ou éoliennes transforment l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 3 m/s et que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique.

La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 11,5 m/s à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

L'énergie produite par le générateur est acheminée dans le réseau de l'exploitant par le système de connexion au réseau. Le système de connexion au réseau de distribution, lequel comprend une unité redresseur/onduleur (transformateur), garantit qu'un courant de grande qualité alimente le réseau de l'exploitant.

Ce concept de raccordement au réseau par le biais d'un transformateur permet d'exploiter le rotor à une vitesse de rotation variable. Le rotor tourne lentement en présence de vents lents, et à grande vitesse si les vents sont forts. Cela assure un flux optimal de l'air sur les pales du rotor. La vitesse variable réduit aussi les sollicitations produites par des rafales de vent.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 20 m/s, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettent d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- Le premier par la mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent et ne sont donc plus entraînées par le vent ;
- Le second par un frein mécanique.

La vitesse de rotation, le débit de puissance et l'angle des pales sont constamment adaptés aux changements du régime des vents. La puissance électrique est contrôlée par l'excitation du générateur.

3.4. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

Le système électrique de chaque éolienne est prévu pour garantir une production d'énergie en continu, avec une tension et une fréquence constantes.

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

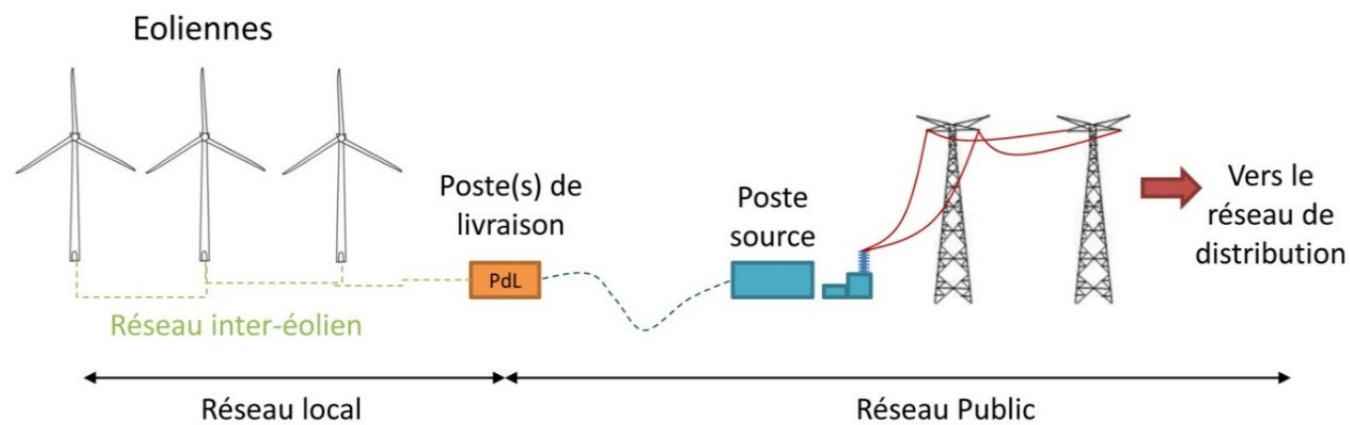


Illustration 4 - Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

(Source : Trame type de Réalisation de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens, décembre 2011)

3.4.1. Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public (Cf. figure précédente).

Le raccordement inter-éoliennes est assuré par un câblage en réseau souterrain, 20 000 volts, de section 240 mm² au maximum. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm en accotement de voies et à 120 cm minimum en plein champ. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Le raccordement inter-éoliennes devra être conforme aux dispositions de l'article L323-11 et R323-40 du Code de l'Énergie.

3.4.2. Poste de livraison

Le poste de livraison a pour fonction de centraliser l'énergie produite par toutes les éoliennes du parc, avant de l'acheminer vers le poste source du réseau électrique national. Il constitue la limite entre le réseau électrique interne et externe.

Il est conforme aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).

Les installations électriques extérieures aux aérogénérateurs sont entretenues en bon état et contrôlées ensuite à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente d'un organisme reconnu dans ce domaine.

3.4.3. Réseau externe

Le réseau de communication externe relie le poste de livraison au réseau ENEDIS ou RTE. Le point de raccordement et le tracé de la solution de raccordement est réalisé par ENEDIS ou RTE. Il est lui aussi entièrement enterré.

La réalisation du raccordement externe sera conforme aux dispositions de l'article R323-25 du Code de l'Énergie.

3.5. ÉLÉMENTS DE SECURITE

3.5.1. Système de freinage

Le système de freinage de l'éolienne est formé par l'action conjointe de deux systèmes de freinage :

- Le frein principal de l'éolienne : il est de type aérodynamique en mettant en drapeau les pales. Comme le système de changement de pas est indépendant pour chacune des pales, il y a une sécurité en cas de défaillance de l'une d'entre elles.
- Le frein mécanique : il s'agit d'un frein à disque à commande hydraulique qui est monté à la sortie de l'arbre à grande vitesse de la boîte de vitesses. Ce frein mécanique n'est utilisé que comme frein de stationnement ou en cas d'application d'un bouton d'urgence.

Il existe également un système de verrouillage du rotor. Pour verrouiller le rotor, une goupille hydraulique activée par une pompe à main est insérée dans la bague de verrouillage de l'arbre principal. Ce verrouillage du rotor est utilisé lors des opérations de maintenance qui affectent les parties mobiles de la nacelle (arbre à basse vitesse, boîte de vitesses, arbre de transmission, générateur, ...) ou lorsque l'accès au rotor est nécessaire.

3.5.2. Système de fermeture de la porte

Conformément à l'article 13 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, l'accès à l'intérieur de l'éolienne ne peut se faire que par la porte de service située au pied du mât. Cette porte est dotée d'un verrou à clé. Un dispositif manuel permet d'ouvrir et de fermer le verrou de la porte depuis l'intérieur, même si la clé se trouve à l'extérieur de la porte.

Des procédures claires de fermeture des portes ont été rédigées et communiquées à l'ensemble des intervenants sur le parc et des vérifications sont régulièrement menées. Ces portes sont toujours verrouillées en cas d'absence de personnel dans la machine ou le poste. Le personnel verrouille également la porte dès qu'il effectue des opérations qui font sortir cette dernière de son champ de vision (montée dans l'éolienne, travail dans le poste uniquement ...).

3.5.3. Protection foudre

Toutes les éoliennes sont équipées d'un système de protection contre la foudre conforme à la norme NF EN IEC 61400 -24, et conçu pour répondre à la classe de protection I. Les opérations de maintenance incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre.

En effet, le point haut de l'éolienne est constitué du sommet de la pale qui culmine à 164,5 m de hauteur et représente donc un point singulier en cas d'orage.

De plus, les matériaux constituant la pale sont des matériaux synthétiques (résine et fibre de verre), mauvais conducteurs électriques et donc ne facilitant pas l'écoulement des charges en cas de coup de foudre.



Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en aluminium moulé, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne. En effet, toutes les éoliennes sont équipées d'un système de mise à la terre conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels que l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécom est protégée par des parasurtenseurs de lignes et une protection galvanique. Enfin, une liaison de communication télécom en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau.

De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.

L'arrêté du 26 août 2011 modifié évoque les mesures en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité en cas d'orages (article 22), stipule le système de détection et d'alerte en cas d'incendie (article 23) ainsi que les moyens de lutte contre l'incendie (article 24).

Les éoliennes répondent également aux exigences de l'arrêté 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, modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011 : article 16, troisième alinéa : « *En outre, les dispositions du présent arrêté peuvent être rendues applicables par le préfet aux installations classées soumises à autorisation non visées par l'annexe du présent arrêté dès lors qu'une agression par la foudre sur certaines installations classées pourrait être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte, directement ou indirectement, aux intérêts visés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement* ».

3.5.4. Système de détection de givre

Dans le cas de conditions climatiques plus rudes (froid et humidité importante), la formation de givre sur les pales de l'éolienne peut se produire.

Les éoliennes sont munies d'un système de gestion qui identifie toute anomalie de fonctionnement. Celles installées sur le projet de Chenon, Aunac-sur-Charente et Moutonneau seront équipées d'un système de détection de givre.

Le système de détection de givre utilise la modification importante des caractéristiques de fonctionnement de l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/puissance/angle de pale) en cas de formation de givre ou de glace sur les pales du rotor.

Dans les conditions pré définies et propices à la formation de givre, le détecteur envoie au SCADA une commande d'arrêt. Pour tout arrêt de ce type, un technicien de maintenance devra venir relancer la machine manuellement après s'être rendu compte de la disparition du givre.

Il est impossible de redémarrer l'éolienne tant que le système détecte des conditions conduisant à la formation de givre.

Une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, l'éolienne est stoppée.

Grâce à l'étroitesse de la plage de tolérance, la coupure a lieu généralement en moins d'une heure, avant que l'épaisseur de la couche de glace ne constitue un danger pour l'environnement de l'éolienne.

La plausibilité de toutes les mesures liées à l'éolienne est contrôlée en permanence par la commande de l'éolienne. Une modification non plausible d'une valeur de mesure est interprétée comme un dépôt de glace par la commande et l'éolienne est stoppée.

3.5.5. Protection incendie

Tous les composants mécaniques et électriques des éoliennes au niveau desquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou de court-circuit, sont continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne est stoppée ou continue de fonctionner mais avec une puissance réduite. Le choix des matériaux est également un aspect clé de la protection incendie, par la conception en matériaux ignifuges, difficilement ou non inflammables pour certains composants.

Toutes les éoliennes sont équipées de système de détection incendie et d'extincteurs (à minima de deux extincteurs placés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci). Les extincteurs sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé.

L'éolienne possède des capteurs optiques de fumée.

Par ailleurs, lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service.

Lorsqu'un capteur de sécurité signale un défaut ou qu'un interrupteur correspondant se déclenche, l'éolienne est arrêtée automatiquement. Les détecteurs de fumée et/ou les capteurs de température émettent des signaux qui sont immédiatement transmis aux turbiniers par le système de surveillance à distance SCADA qui alerte alors immédiatement l'exploitant, par un message SMS et/ou e-mail, qui prévient alors les pompiers.

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

Un plan d'évacuation permet au personnel d'évacuer l'éolienne en cas d'incendie. Le personnel dispose également d'une procédure d'urgence pour donner l'alerte vers les services de secours en cas d'incendie et est formé pour le faire.

3.5.6. Protection contre le risque électrique

Les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006. Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 dans leur version en vigueur à la date de délivrance du récépissé de déclaration de l'installation. Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.



3.5.7. Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

La principale réserve d'hydrocarbure située au niveau du multiplicateur est contenue dans des carters fermés, étanches et régulièrement entretenus. Le circuit hydraulique des éoliennes est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor.

La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.

Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.

Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.

Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.

Une procédure du turbinier en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.

En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes.

3.5.8. Surveillance des principaux paramètres

Un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne. Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité (par exemple : vitesse du rotor, températures, charges, vibrations) sont surveillées par un système électronique et, en plus, là où cela est requis, par l'intervention à un niveau hiérarchique supérieur de capteurs mécaniques. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie sérieuse.

En cas d'anomalie, les alertes relatives au fonctionnement de la machine sont remontées automatiquement par le système SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) des éoliennes à la coordination technique. Chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central. Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine. Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

Lorsque nécessaire, une intervention sur site du personnel des turbiniers habilité est programmée. Si l'exploitant en fait la demande, un SMS ou un courrier électronique lui est envoyé à chaque alerte générée par l'éolienne.

Le système de gestion de l'environnement fournit différentes applications pour la protection de l'environnement, dans le but d'optimiser la production d'énergie, dans les régions où la réglementation est stricte :

- Système de contrôle du bruit NRS® : pour la réduction du bruit généré par l'éolienne.
- Système de contrôle des ombres : pour réduire l'incidence des ombres des pales sur les bâtiments adjacents au parc éolien.
- Système de contrôle du sillage : pour se protéger contre les turbulences des autres éoliennes.
- Système de détection de givre. glace : pour réduire le risque de dommages dus à la formation de givre/glace sur les lames.
- Système de protection des chauves-souris : réduction du risque d'impact des chauves-souris.
- Système de détection des oiseaux : réduction du risque d'impact des oiseaux.
- Système GUYS : système ininterrompu d'orientation automatique de la nacelle pour permettre la protection de l'éolienne contre les vents forts.

3.6. STOCKAGE DE FLUX ET PRODUITS DANGEREUX

Les produits utilisés dans le cadre du parc éolien de Chenon, Aunac-sur-Charente et Moutonneau permettent le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets dangereux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants...) et les déchets non dangereux associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...);
- Les quantités de produits présents dans les éoliennes sont précisées dans l'étude de dangers ;
- Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible ne sera stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison.



4. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DU PROJET DES BERGES DE CHARENTE

4.1. LES INSTALLATIONS PERMANENTES

4.1.1. Les éoliennes

Le projet éolien sera composé de 4 éoliennes. Ces éoliennes auront une hauteur totale maximale de 164,5 m en bout de pale.

Le choix du modèle précis d'éoliennes qui sera installé sur ce parc éolien ne sera réalisé qu'une fois l'ensemble des autorisations nécessaires obtenues. Cela permettra de retenir, au moment de la construction du parc éolien, le modèle d'éoliennes le plus adapté aux conditions du site et le plus performant.

Deux modèles d'éoliennes sont aujourd'hui à l'étude, s'appuyant sur leurs caractéristiques techniques, le porteur de projet a défini un gabarit-type aux dimensions suivantes :

- la Siemens Gamesa (SG 132) éolienne de puissance 3,4 MW, de diamètre de rotor de 132 m avec une hauteur moyeu de 97 m, une garde au sol de 31 m, portant la hauteur en bout de pale à 163 m.
- la Nordex (N131) éolienne de puissance 3,6 MW, de diamètre de rotor de 131 m avec une hauteur moyeu de 99 m, une garde au sol de 33,5 m, portant la hauteur en bout de pale à 164,5 m.

Afin de ne pas risquer de sous-évaluer les impacts, dangers et inconvénients de l'installation, ont été retenues pour chaque thématique **les caractéristiques majorantes**, plaçant ainsi l'évaluation dans une condition maximisante.

Note : En France, il se passe en moyenne 6 ans entre la date du dépôt des demandes d'autorisations administratives et la construction des parcs éoliens. Ainsi, la société du présent projet choisit le modèle d'éolienne à installer au moment du financement du projet (une fois toutes les autorisations administratives obtenues et purgées de tout recours) sur la base d'un appel d'offres lancé auprès des constructeurs européens. Ceci lui permet d'implanter la technologie la plus adaptée à chaque site et chaque projet, au moment de la construction du parc.

Les caractéristiques techniques des éoliennes qui seraient implantées sur le site sont les suivantes :

Éolienne : SG 3.4-132	
Caractéristiques générales	
Puissance nominale	3 465 kW
Vitesse de démarrage	3 m/s
Vitesse atteinte en puissance nominale	11,5 m/s. La vitesse nominale est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Vitesse de coupure	20 m/s
Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle (pitch) et vitesse de rotation variable
Rotor / pâles	
Type	Rotor à trois pâles à axe horizontal, face au vent avec système actif de réglage des pales
Fonction	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
Sens de rotation	Sens horaire
Diamètre du rotor	132 m
Nombre de pales	3
Longueur des pales	64,5 m
Poids d'une pale	16 tonnes max
Surface balayée	13685 m ²
Matériau des pales	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone
Vitesse de rotation	Variable 10 à 15 tours/min
Système de réglage des pales	Couronnes à deux rangées de billes et double contact radial
Mât	
Fonction	Supporter la nacelle et le rotor
Type de mât	Tour tubulaire en acier en 4 sections
Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
Hauteur maximale (au moyeu)	97 m
Diamètre du mat au pied (m)	4,4 m
Fondation	
Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne
Matière	Béton armé (Eurocode 2)
Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
Transmission et générateur :	
Fonction	Fonction du générateur : convertir l'énergie mécanique du rotor en énergie électrique Fonction du transformateur : élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
Moyeu	Fixe / en fonte
Transmission	Transmission via arbre moteur - multiplicateur et couplage avec la génératrice
Générateur	Technologie asynchrone, générateur triphasé, du type quadripolaire à rotor bobiné avec alimentation électrique du stator au démarrage
Transformateur	Tension de 20 kV à la sortie



Éolienne : SG 3.4-132	
Système de freinage	
Fonction	Freiner et arrêter l'éolienne
Réglage des pales	3 systèmes de réglage indépendants avec alimentation de secours
Frein d'arrêt du rotor	Frein principal aérodynamique en mettant en drapeau les pales avec un angle de 90 ° (avec une sécurité en cas de défaillance de l'une des pales) Frein auxiliaire mécanique : frein mécanique sur l'arbre rapide de transmission qui vient en complément du freinage aérodynamique
Blocage du rotor	Rotor libre à l'arrêt, frein mécanique pour les opérations de maintenance
Contrôle d'orientation	
Fonction :	Orienter l'éolienne de manière optimale par rapport au vent
	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
Surveillance à distance	
Fonction	Communiquer en continu les données mesurées sur l'éolienne
	Système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

Éolienne : N131 3,6 MW	
Caractéristiques générales	
Puissance nominale	3 600 kW
Vitesse de démarrage	3 m/s
Vitesse atteinte en puissance nominale	11,5 m/s. La vitesse nominale est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Vitesse de coupure	20 m/s
Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle (pitch) et vitesse de rotation variable
Rotor / pâles	
Type	Rotor à trois pâles à axe horizontal, face au vent avec système actif de réglage des pales
Fonction	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
Sens de rotation	Sens horaire
Diamètre du rotor	131 m
Nombre de pales	3
Longueur des pales	64,4 m
Poids d'une pale	16 tonnes max
Surface balayée	13 478 m ²
Matériau des pales	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone
Vitesse de rotation	Variable 10 à 15 tours/min
Système de réglage des pales	Couronnes à deux rangées de billes et double contact radial
Mât	
Fonction	Supporter la nacelle et le rotor
Type de mât	Tour tubulaire en acier en 4 sections
Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
Hauteur maximale (au moyeu)	99 m

Éolienne : N131 3,6 MW	
Diamètre du mat au pied (m)	4,3 m
Fondation	
Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne
Matière	Béton armé (Eurocode 2)
Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
Transmission et générateur :	
Fonction	Fonction du générateur : convertir l'énergie mécanique du rotor en énergie électrique Fonction du transformateur : élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
Moyeu	Fixe / en fonte
Transmission	Transmission via arbre moteur - multiplicateur et couplage avec la génératrice
Générateur	Technologie asynchrone, générateur triphasé, du type quadripolaire à rotor bobiné avec alimentation électrique du stator au démarrage
Transformateur	Tension de 20 kV à la sortie
Système de freinage	
Fonction	Freiner et arrêter l'éolienne
Réglage des pales	3 systèmes de réglage indépendants avec alimentation de secours
Frein d'arrêt du rotor	Frein principal aérodynamique en mettant en drapeau les pales avec un angle de 90 ° (avec une sécurité en cas de défaillance de l'une des pales) Frein auxiliaire mécanique : frein mécanique sur l'arbre rapide de transmission qui vient en complément du freinage aérodynamique
Blocage du rotor	Rotor libre à l'arrêt, frein mécanique pour les opérations de maintenance
Contrôle d'orientation	
Fonction :	Orienter l'éolienne de manière optimale par rapport au vent
	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
Surveillance à distance	
Fonction	Communiquer en continu les données mesurées sur l'éolienne
	Système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)



4.1.2. Les plateformes

Il est nécessaire de prévoir, à côté de chacune des éoliennes, une aire sur laquelle les engins de chantier, notamment les grues, puissent stationner et elle permettra l'installation de chaque éolienne. Elle permettra également le déchargement des pièces de l'éolienne. Les études de sol détermineront la structure de cette aire (empierrement, traitement de sols...). Chaque éolienne est donc accompagnée d'une plateforme. Ces plateformes sont parfaitement planes et horizontales, avec une pente inférieure à 1 %.

Emprise minimum des plateformes(m) permanentes	Superficie maximale de 1 305 m ²
Travaux	Décaissement sur 40 cm de profondeur, comblé ensuite par la mise en place de concassé visant à stabiliser et renforcer le terrain Surface plane (2 %)

Tableau 5: Caractéristiques des plateformes minimum permanentes pour les éoliennes retenues

L'ensemble des plateformes représente ici une superficie de 29 660 m² pour les quatre éoliennes dont 5 455 m² de plateforme renforcées permanentes.

L'emprise maximale pour la plateforme de la grue des différentes éoliennes sera de : 45 m x 29 m, soit 1 305 m². La plateforme de E2 uniquement présentera une surface supplémentaire de 235 m².

Sur ces plateformes permanentes, un décaissement de 40 cm de profondeur est prévu, comblé ensuite par la mise en place de concassé visant à stabiliser et renforcer le terrain.

4.1.3. Fondations

La fondation transmet toutes les charges de l'éolienne dans le sol ; ses caractéristiques et ses dimensions sont définies en plusieurs étapes :

1/ L'étude d'impact montre que les caractéristiques du sol sont compatibles avec l'installation d'éoliennes de 164,5 m en bout de pale. **Cette analyse a été menée dans la partie état initial et impact du projet.**

2/ Le fabricant des éoliennes fournit au Maître d'Ouvrage les descentes de charges de l'éolienne envisagée, ainsi qu'un ensemble de détails et prescriptions pour le design des fondations (semelle circulaire ou octogonale, détails d'ancrage des platines...).

3/ A partir de données bibliographiques et analogiques disponibles, un bureau d'ingénierie de structure réalise une étude d'avant-projet comprenant :

- Un plan de coffrage pour un massif enveloppe ;
- Une estimation de la quantité d'aciers ;
- Une estimation de la quantité de béton ;
- Le niveau d'assise ;
- Des indications nécessaires liées aux hypothèses prises en compte.

4/ Dès l'obtention de l'ensemble des autorisations préalables à la construction, une étude géotechnique d'exécution est confiée par le Maître d'ouvrage à un bureau d'études géotechnique. L'objet de cette étude est :

- D'exécuter pour chacun des emplacements d'éoliennes retenus, des sondages de sol, essais et mesures sur site ou en laboratoire selon un programme normatif prédéfini ;
- D'établir un compte rendu factuel détaillé donnant la coupe des sondages, les procès-verbaux d'essais et les résultats des mesures.

5/ A partir de l'étude géotechnique détaillée, le bureau d'ingénierie de structure vérifie et adapte les calculs, plans de coffrage, détails et prescriptions pour chacune des éoliennes.

6/ Avant exécution des travaux de fondations, les notes de calculs détaillés et les plans sont soumis à l'approbation d'un bureau de contrôle technique extérieur, mandaté par le Maître d'ouvrage.

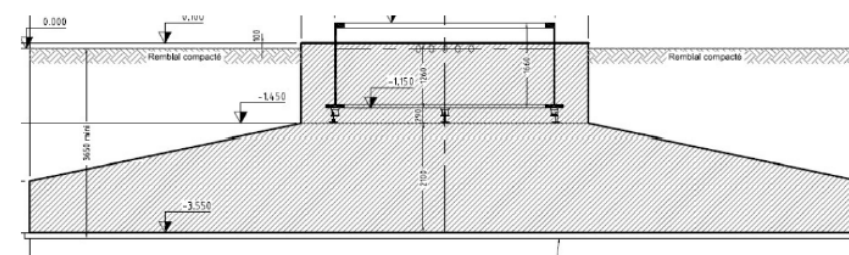


Illustration 5 - Vue en coupe d'une semelle d'éolienne superficielle

Le dimensionnement de la fondation nécessite deux étapes de calcul. À partir du poids et de la géométrie de l'éolienne (diamètre du rotor, hauteur du mât), et de la classe de vent de certification, on détermine la masse et la géométrie de la fondation. Dans un second temps, on procède au dimensionnement du ferrailage, et en particulier du couple virole/barre de reprise.

On détermine alors le dimensionnement à la fatigue de la virole mais aussi des armements en acier. Ce calcul à la fatigue est primordial pour garantir l'intégrité de l'ouvrage durant une période de 30 ans et plus.

Si les hypothèses retenues varient, les valeurs définies ne seront pas valables et un nouveau calcul des fondations sera nécessaire. Il sera nécessaire d'examiner les caractéristiques du terrain ainsi que les données sur le vent afin de choisir la fondation la plus appropriée.

Les dimensions des fondations des éoliennes du parc seront définies avec précision ultérieurement selon les étapes décrites précédemment.

Le type et le dimensionnement exact des fondations seront déterminés suite aux résultats de l'expertise géotechnique. Cette expertise se faisant après l'obtention des autorisations administratives, seule une approximation des dimensions peut être fournie. Les fondations seront toutefois similaires à celles présentées ci-dessous et respecteront les ordres de grandeur donnés.

Caractéristiques des fondations par éolienne	
Diamètre	21 m
Surface	346 m ²
Hauteur	3 m
Quantité de béton	500 m ³
Quantité d'acier	50 t

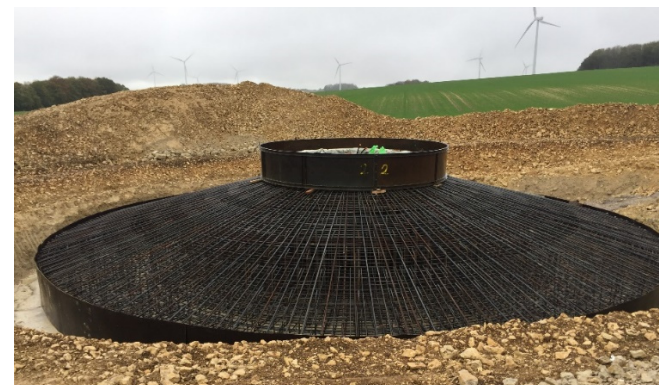
Globalement, la fondation est composée d'une semelle en béton armé dans laquelle est coulée une virole en acier. La partie basse de cette virole coulée dans le béton est traversée par un maillage dense de ferrailage. La partie haute émerge du massif et comporte un système de fixation du mât de l'éolienne.

La bride d'ancrage, sur laquelle vient se fixer le mât de l'éolienne, sera figée dans ce socle en béton coulé en une seule journée. Après séchage du béton pendant plusieurs semaines, la fondation sera recouverte de remblais naturels qui sont compactés et nivelés afin de reconstituer le sol initial : seuls 10 à 50 cm de la fondation restent hors sol afin d'y fixer le mât de la machine, et de terre végétale pour faciliter la culture du terrain au plus près de l'éolienne.

Les matériaux utilisés proviennent de l'excavation qui aura été réalisée pour accueillir le socle. L'emprise au sol de cet ouvrage, une fois le chantier terminé, se réduit donc à cette partie d'un diamètre d'environ 4,4 m (15,2 m²). Les quelques mètres autour du mât qui ne pourront pas être cultivés, seront empierrés pour limiter la prolifération d'herbes et de rongeurs.



Béton de propreté, bride d'ancrage et fourreaux de réservation pour les câbles



Ferrailage de la fondation



Socle non remblayé



Exemple de fondation en surface

Illustration 6 - Fondations d'éoliennes en phases de construction

La réalisation des fondations engendre les caractéristiques de fouilles suivantes :

Caractéristiques des fouilles par éolienne	
Diamètre	23 m
Surface	415 m ²
Hauteur	3 m
Terre excavée	1 245 m ³

Ainsi, pour les 4 éoliennes :

- 1660 m² vont être décapés ;
- 5000 m³ de terre vont être excavés ;
- 2000 m³ de béton vont être coulés ;
- 200 tonnes d'acier seront apportées.

4.1.4. Les chemins d'accès

Le réseau routier local, départemental ou national est utilisé par les convois exceptionnels pour acheminer les éléments des éoliennes sur le site d'implantation au moment du chantier. Une fois sur ce site, il s'agit d'optimiser le réseau de voies et pistes existant.

Rappel : Ces voiries sont réalisées préférentiellement par restauration et amélioration des voies existantes. Les créations sont limitées au maximum, afin de réutiliser au maximum le réseau existant.

Les tronçons de voies d'accès créés pendant la phase de travaux seront conservés pendant la période d'exploitation afin de permettre la maintenance des éoliennes.

L'accès au chantier s'effectuera par le biais d'une majeure partie de voiries existantes : RN10 puis D27 et voiries locales.

L'accès des convois aux stations de montage des éoliennes se fera donc par :

- **Des voies existantes ne nécessitant pas d'aménagement** : Les accès existants, dont la largeur, la structure de chaussée, et les rayons de giration sont adaptés au passage de poids lourds et plus particulièrement de convois exceptionnels, seront laissés en état.
- **Des chemins existants nécessitant des aménagements** (élargissement et terrassement) : Certaines des voies devant être empruntées par les convois ne disposent pas des caractéristiques nécessaires à leur circulation. Ces voies sont généralement trop étroites et devront être élargies soit par le simple aménagement des bas-côtés ou par la coupe de la végétation bordant la voie. Afin d'offrir un rayon de courbure suffisant sur les zones où le tracé n'est pas rectiligne, certains virages devront être élargis. Lorsque les voies ne sont pas suffisamment carrossables, la couche roulante sera lissée et stabilisée. Les chemins existants, au revêtement en terre et gravier, d'une largeur étroite, seront ponctuellement réaménagés. Les travaux auront pour objectif soit de renforcer leur structure avec un empierrement, soit de les élargir.



- **Voies à créer** : Des portions de pistes devront être créées pour accéder à certaines éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien. Les derniers mètres conduisant aux stations de montage des éoliennes doivent être entièrement aménagés. Il est alors nécessaire de débroussailler l'éventuelle végétation présente, et de terrasser les voies d'accès.

Durant la phase de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et leurs annexes.

Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale).

Les accès pour la construction et la maintenance des éoliennes du parc éolien seront assurés principalement par les routes et chemins déjà existants. Il est cependant prévu :

- **D'élargir une voie existante sur une largeur de 2 m et un linéaire d'environ 1335 m soit une surface d'environ 2670 m². Cette voie passerait de 2,5 m à 4,5 m sur ce tronçon ;**
- **De créer 4 pistes d'accès aux éoliennes (linéaire total de 1030 m, soit une surface de 4635 m² environ).**

4.1.5. Les lignes électriques internes au parc éolien

Toutes les lignes électriques construites dans le cadre du projet seront enfouies. La société d'exploitation du parc éolien est propriétaire du réseau électrique inter éoliennes jusqu'au poste de livraison.

Un réseau de tranchées est ainsi construit entre les éoliennes et les structures de livraison. Ces tranchées sont généralement construites en bordure des pistes d'accès du parc éolien afin de minimiser les linéaires d'emprise des travaux. Ces tranchées contiennent :

- Des câbles électriques : ils sont destinés à transporter l'énergie produite en 20 000 Volts vers la structure de livraison. L'installation des câbles respecte l'ensemble des normes et standards en vigueur ;
- Des câbles optiques : ils permettent de créer un réseau informatique permettant l'échange d'informations entre chaque éolienne et le local informatique (SCADA), situé dans la structure de livraison. Une connexion Internet permet également d'accéder à ces informations à distance ;
- D'un réseau de mise à la terre : constitué de câbles en cuivre nus, il permet la mise à la terre des masses métalliques, la mise en place du régime de neutre, ainsi que l'évacuation d'éventuels impacts de foudre.

Les câbles sont enfouis entre 80 et 100 cm de profondeur au milieu des voies. La largeur de la tranchée sera de 0,60 m environ. Les câbles sont ensuite enrobés par du sable déposé dans la tranchée avant le remblai. Ce dernier est compacté par couche comprise entre 30 et 40 cm avec des contrôles au pénétromètre. Il arrive que le parcours des câbles soit signalé par des pancartes mentionnant la profondeur et le type de câble (on signale notamment les virages dans le parcours des câbles).

Le raccordement pour le projet représente ici un linéaire d'environ 2 540 m. (cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable. pour visualiser le raccordement interne).

Seul le raccordement interne du parc est maîtrisé par le maître d'ouvrage (choix du tracé, et sa mise en place). À ce titre, l'étude d'impact prend en compte l'effet du raccordement électrique interne au projet et analyse de manière plus succincte, fonction des éléments de connaissance, le raccordement externe.

4.1.6. Le poste de livraison électrique

L'évacuation de l'énergie produite par les éoliennes nécessite la mise en place d'une structure de livraison positionnée, dans la mesure du possible, à proximité des pistes d'accès ou des éoliennes. Elle assure l'interface entre le réseau inter-éolien privé avec le réseau public d'électricité.

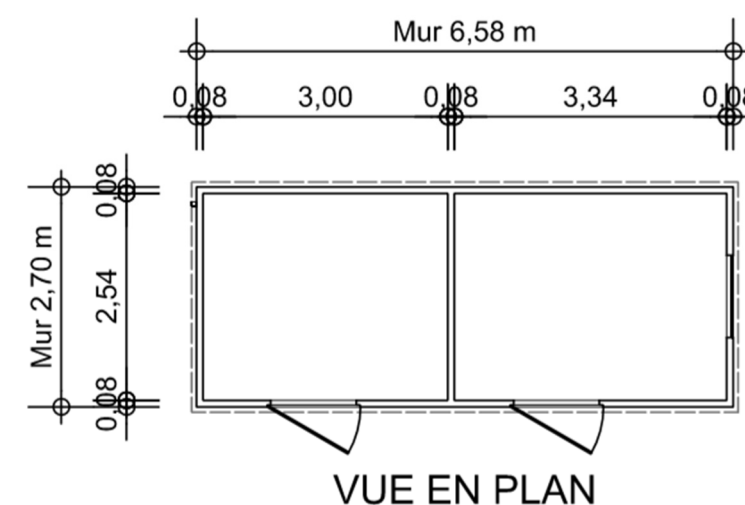
Le poste de livraison est un poste électrique homologué contenant l'ensemble des cellules de protection, de découplage, des compteurs, transformateurs auxiliaires, filtre actif si nécessaire, etc.

Le poste de livraison électrique est implanté entre les éoliennes E1 et E3, à proximité de la RD27.

Le poste est constitué d'un bâtiment préfabriqué en béton à toit plat (équipement standardisé) pour des dimensions extérieures de :

- 6,58 m de longueur et 2,70 m de largeur
- 2,81 m de hauteur

Soit une surface d'emprise au sol de 18 m².



Un bardage bois naturel est retenu pour l'intégration paysagère.

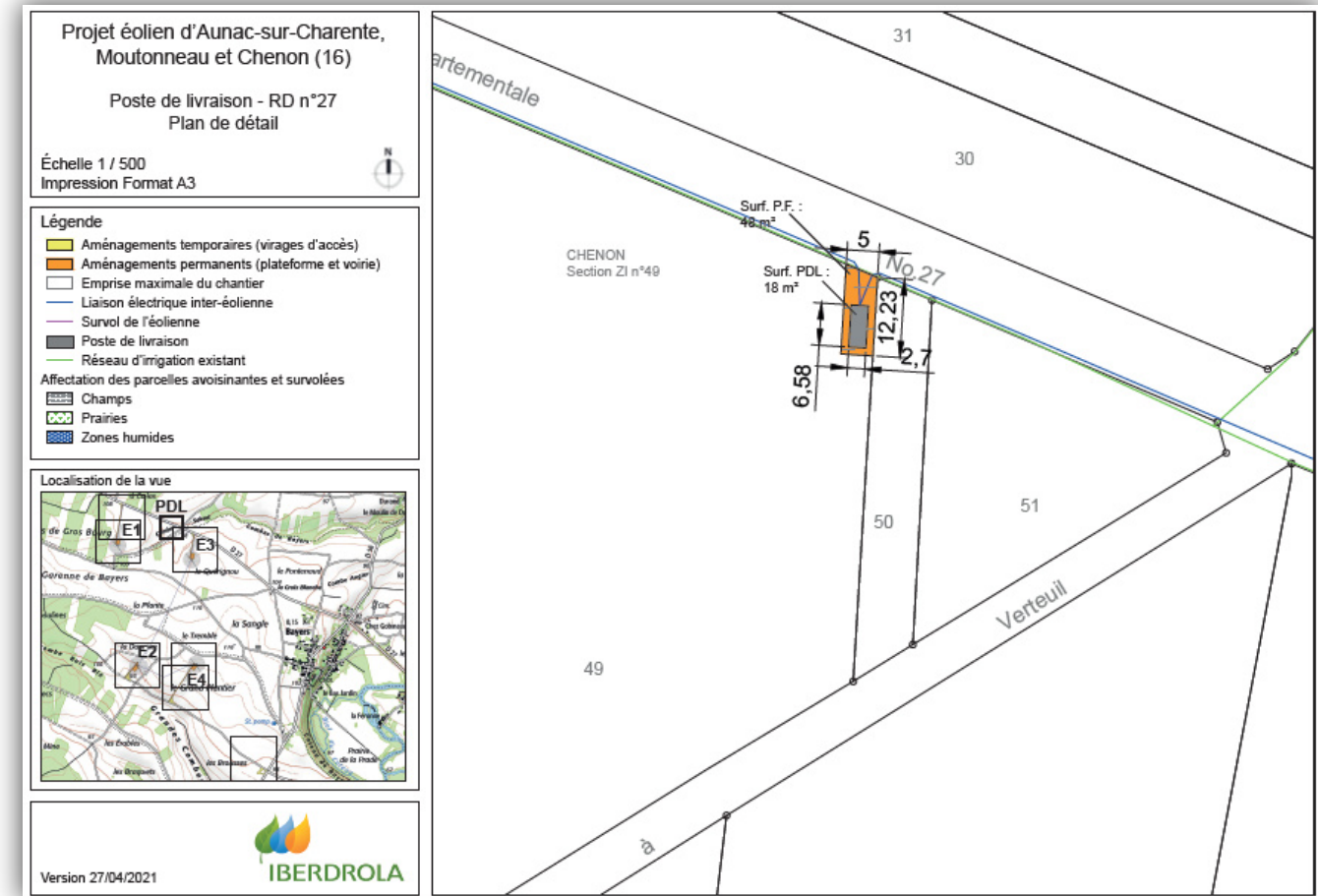
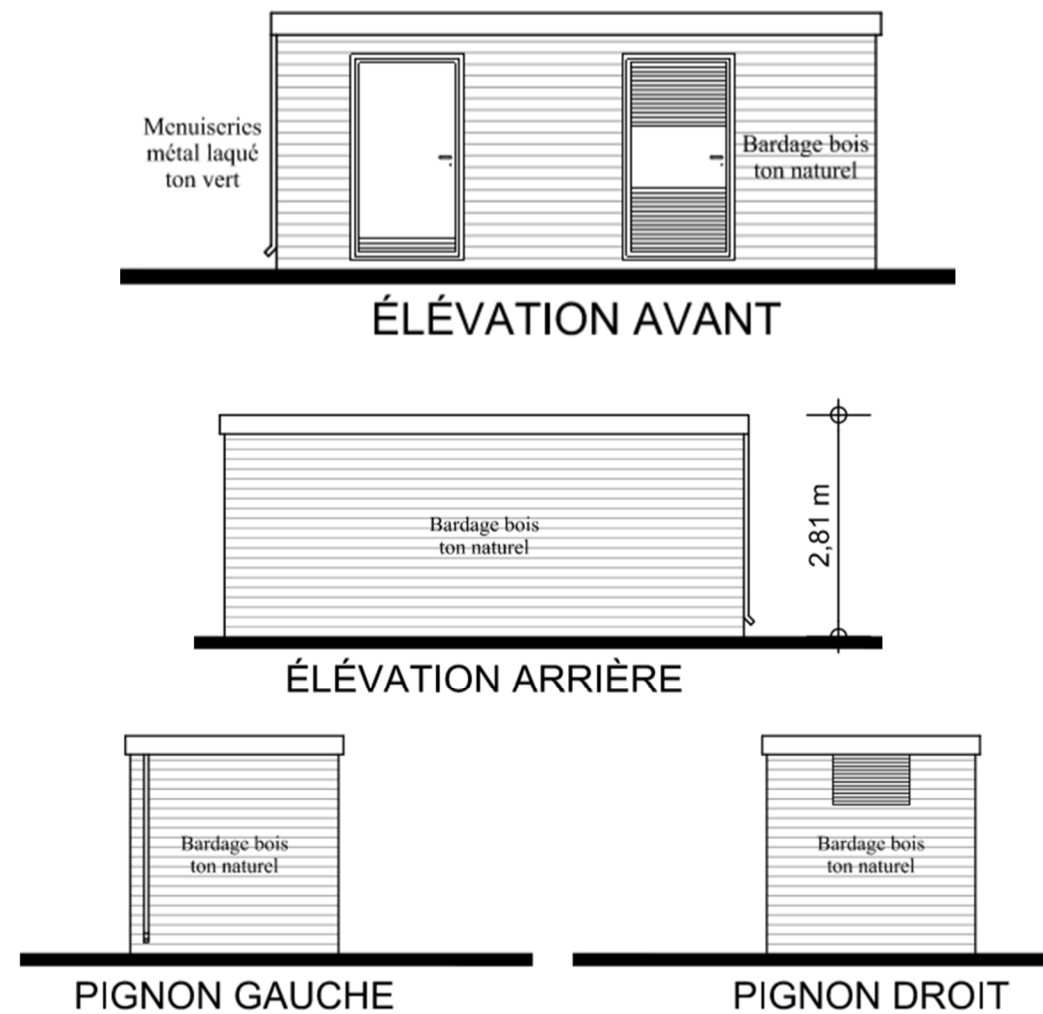


Illustration 7 - Zoom sur la zone d'implantation du poste de livraison (source : Iberdrola)

Le bâtiment préfabriqué comprend un plancher technique en dessous duquel un vide sanitaire, configuré pour être enterré, permet l'entrée des câbles du réseau inter-éolienne.

L'accès à l'intérieur du bâtiment se fait par des portes en tôle galvanisée équipées de détecteur de présence et d'intrusion reliés au terminal de télésurveillance. L'accès sera réservé à des techniciens dûment habilités et sera limité aux opérations ponctuelles de maintenance. S'agissant d'un bâtiment uniquement destiné à abriter des équipements techniques, et ne nécessitant pas la présence permanente de personnel, aucun aménagement sanitaire et d'assainissement n'est à envisager.

Des panneaux signalétiques réglementaires avertissant et mettant en garde le public sur la nature de cette construction et les dangers électriques présents à l'intérieur seront visiblement apposés sur les portes d'accès.

Le projet éolien comporte une seule structure de livraison électrique, d'une surface totale de 18 m², placée en bord de chemin.

La fouille pour l'implantation de ce poste fera environ 1 m de profondeur, et quelques 8 m par 3 m soit 24 m² de surface et 24 m³ de terre extrait.

Le poste sera implanté sur une plateforme gravillonnée d'environ 66 m².



4.1.7. Hypothèse de raccordement au réseau public

La localisation du point de raccordement au réseau public peut varier selon les propositions du gestionnaire du réseau électrique (ENEDIS).

Le raccordement entre le poste de livraison et le poste source est réalisé par ENEDIS et il appartient au domaine public (extension du Réseau Public de Distribution). Son tracé est étudié par ENEDIS une fois les autorisations administratives accordées.

Dans le cadre du parc éolien étudié ici, plusieurs solutions de raccordement sont envisagées : sur les postes sources existants de Villegats ou encore de Mansle.

Si la saturation du schéma S3REnR Nouvelle-Aquitaine s'accélère d'ici 2025, le raccordement serait effectué au poste source d'Aigre (Ouest), Ruffecois (Nord) ou Confolentais (Est).

Le raccordement entre le poste de livraison et le poste source nécessite un réseau de câbles enterré prioritairement le long des voiries existantes. Cette possibilité de raccordement sera confirmée et précisée par le gestionnaire de réseau.

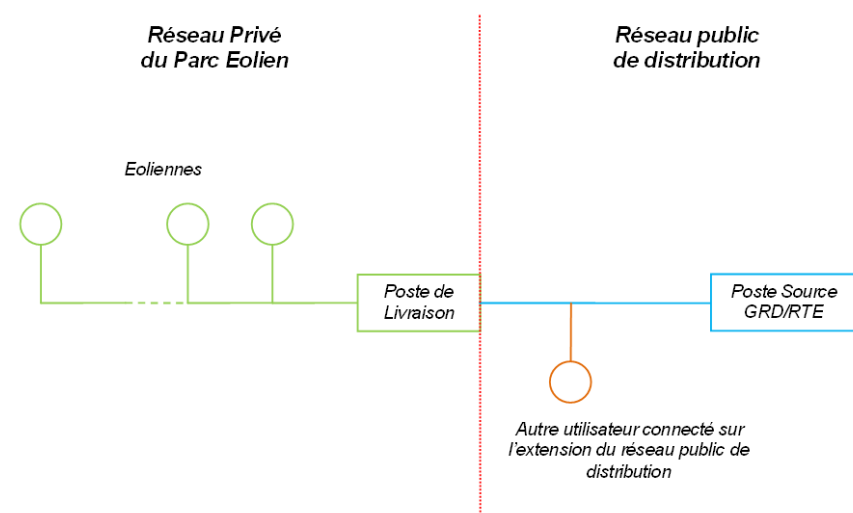


Illustration 8 - Schéma de principe de raccordement au réseau public de distribution d'électricité

Des propositions de tracé seront étudiées ultérieurement. Elles veilleront à limiter l'impact environnemental du raccordement, en évitant notamment les habitats naturels à enjeux.

En outre, il est d'ores et déjà prévu un entretien léger par fauche (1 à 2 fois par an) des bords des chemins qui seront empruntés.

Par ailleurs, les dispositions imposées par le gestionnaire du réseau (ENEDIS) seront suivies par le maître d'ouvrage et précisées dans le cahier des charges des entreprises missionnées.

Les conditions de raccordement depuis le poste de livraison vers le réseau électrique existant seront conformes à l'arrêté du 17 mars 2003 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement au réseau public de distribution d'une installation de consommation d'énergie électrique.

Le raccordement vers le poste source envisagé sera réalisé grâce à des lignes électriques enterrées de 20 000 V. Les liaisons câbles seront enterrées suivant les normes en vigueur et selon les règles de l'art

notamment avec la mise en place des dispositifs évitant le ravinement ultérieur de la tranchée nécessaire à leur enfouissement : largeur d'environ 50 cm et profondeur moyenne de 80 cm à 100 cm sous les pistes.

Le tracé empruntera quasi systématiquement les voies existantes.

Les permissions de voirie ne pourront être obtenues qu'après obtention des autorisations administratives.

Bien que public, les coûts inhérents à la création de ce réseau (études et installation) sont intégralement à la charge du pétitionnaire.

4.2. LES SURFACES TEMPORAIRES NECESSAIRES A LA CONSTRUCTION DU PARC

4.2.1. Les virages

Plusieurs virages vont nécessiter d'être élargis afin d'assurer un rayon de courbure répondant aux contraintes d'accès du chantier.

La surface totale concernée par les virages représente 4 197 m² environ. Ces surfaces seront remises en exploitation agricole à la fin du chantier.

4.3. LES AIRES DE CANTONNEMENT DES ENTREPRISES ET LA BASE DE VIE

Aucune aire de cantonnement fixe n'est prévue dans le cadre de ce chantier. Des cantonnements mobiles sont utilisés au fur et à mesure des travaux d'une éolienne à une autre et implantés sur les plateformes temporaires.

Sur ces aires sont entreposés les grues de levage et l'espace de vie du chantier. Elles accueillent également un parking, des conteneurs notamment destinés au stockage des produits dangereux, des bennes pour le traitement des déchets, et un espace pour l'approvisionnement en carburant, accompagné d'une aire de rétention afin de contenir tout risque de déversement accidentel.

Des moyens de lutte contre l'incendie seront prévus pour ces espaces : des consignes affichées sur support inaltérable indiqueront le numéro d'appel des sapeurs-pompiers (18 ou 112), les dispositions immédiates à prendre en cas de sinistre, le numéro d'appel du service chargé de l'entretien de ces structures.

L'espace de vie du chantier sera constitué de bungalows de chantier (vestiaires, outillage, bureaux) et sera équipé de sanitaires. D'une surface d'environ 900 m², il sera idéalement placé à proximité du site, au plus proche du chantier et à l'écart des espaces sensibles (écologiquement, voisinage...).



4.4. SECURITE DE L'INSTALLATION : RESPECT DES PRINCIPALES NORMES APPLICABLES A L'INSTALLATION

IBERDROLA RENOUVELABLES FRANCE veillera à ce que les solutions proposées par le constructeur d'éoliennes répondent à l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

4.4.1. Conformité aux prescriptions générales

IBERDROLA RENOUVELABLES FRANCE procédera à une analyse de conformité du projet aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent. Les normes et certifications exigées par l'arrêté seront respectées.

4.4.2. Certificats des éoliennes

Les éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes. La liste des codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes, présentée ci-dessous, n'est pas exhaustive (il y a en effet des centaines de standards applicables). Seules les principales normes sont présentées ci-dessous.

Normes	Description
La norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception »	Fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien. Ainsi, la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent à la norme IEC61400-1. Les pales respectent la norme IEC61400-1 ; 12 ; 13.
La norme IEC60034	Normes de construction des génératrices.
La norme ISO 81400-4	Fixe les règles pour la conception du multiplicateur.
Standard NF EN IEC61400-24	Protection foudre de l'éolienne.
Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004	Règlementations concernant les ondes électromagnétiques
Norme ISO 9223	Traitement anticorrosion des éoliennes
Directive du 17 mai 2006. Normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).	Risques électriques

Tableau 6 : Exemples de normes et standards appliquées pour la construction des éoliennes

5. CONSTRUCTION DU PARC EOLIEN

5.1. ORGANISATION

IBERDROLA DEVELOPPEMENT RENOUVELABLE s'appuiera sur le réseau de compétences de sa maison mère ou missionnera une entreprise pour une mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO). La mission comprendra les phases d'études de projet (PRO), d'Assistance Contrat des Travaux (ACT), de Direction d'Exécution des Travaux (DET) et l'Assistance aux Opérations de Réception (AOR).

5.1.1. Phase d'étude de projet (PRO)

Cette phase inclut notamment :

- La préparation des plans d'aménagement du parc éolien adapté au modèle d'éolienne choisi par le maître d'ouvrage ;
- La consultation et la préparation des études ou prestataires externes nécessaires à la préparation du chantier, notamment l'étude géotechnique, la coordination SPS (Sécurité et Protection de la Santé), les missions de contrôle génie civil et génie électrique ;
- La préparation des mesures de gestion environnementale du chantier, préparation d'un cahier des charges et sélection d'un prestataire pour le suivi écologique, et préparation des mesures de gestion et coordination avec le voisinage et les autorités publiques.

5.1.2. Phase d'assistance contrat des travaux (ACT)

Sont concernés les contrats relatifs aux éoliennes et infrastructures (Lot « fondations », lot « voiries », lot « réseau » et lot « poste de livraison ») ainsi que le lot SPS (Sécurité et Protection de la Santé) et contrôle technique de construction (génie civil et génie électrique). L'AMO rédigera l'appel d'offres et participera à la sélection des entreprises.

5.1.3. Phase de Direction d'Exécution des Travaux (DET)

5.1.3.1. Préparation du chantier

Dans cette phase de préparation, les entreprises et bureaux d'études concernés (par exemple sondages, fondations, génie électrique, sécurité, qualité, méthodes) sont contrôlés et fournissent leur plan d'exécution. L'assistance au Maître d'ouvrage contrôle le bon déroulement de cette phase.



5.1.3.2. Suivi d'exécution

La direction de l'exécution du ou des contrats de travaux a pour objet de s'assurer que les documents d'exécution produits par les entreprises sont conformes aux contrats de travaux, qu'ils respectent les études effectuées et ne comportent ni erreur, ni omission, ni contradiction, et que l'exécution des travaux est conforme aux prescriptions des contrats de travaux.

Le consultant assure le pilotage du chantier comprenant :

- La préparation du chantier ;
- Le suivi des travaux, avec une réunion de chantier bi-hebdomadaire minimum ;
- La rédaction des comptes-rendus de chantier ;
- Le suivi et la mise à jour du planning ;
- Les opérations préalables à la réception.

5.1.4. Phase d'Assistance aux Opérations de Réception (AOR)

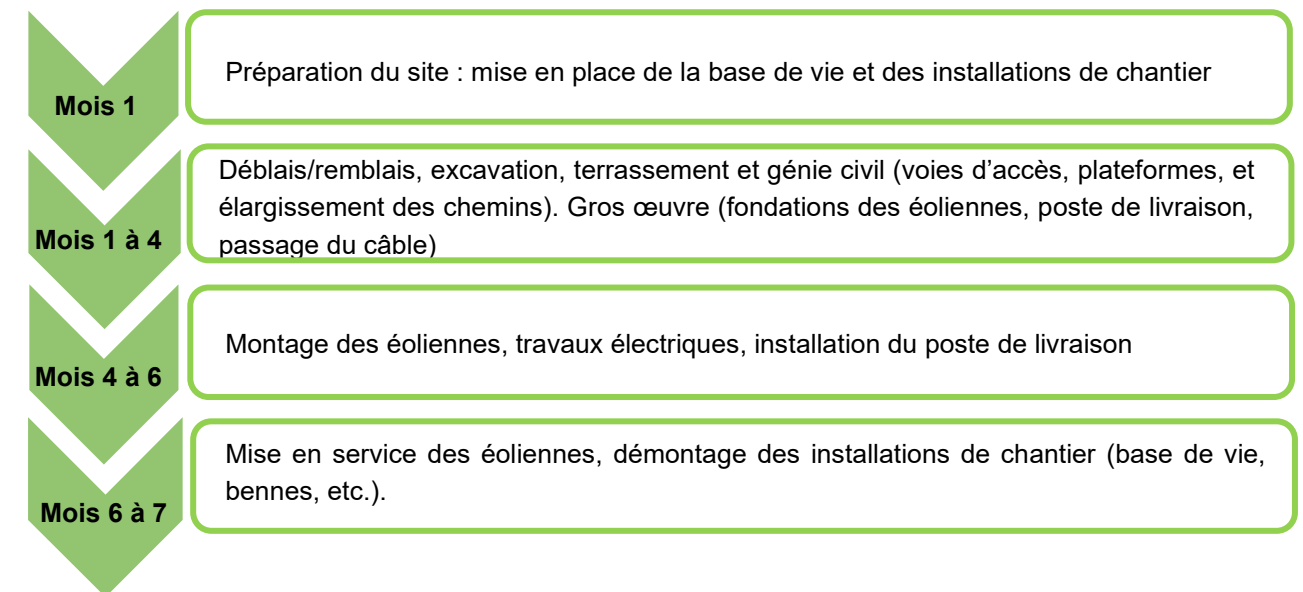
L'assistance apportée au Maître d'ouvrage lors des opérations de réception a pour objet :

- D'organiser les opérations préalables à la réception des travaux et la réception, en liaison avec les organismes de contrôle ;
- D'organiser les essais globaux de performance des matériels ;
- D'assurer le suivi des réserves formulées lors de la réception des travaux jusqu'à leur levée ;
- De procéder à l'examen des désordres signalés à ou par le Maître d'ouvrage ;
- De recueillir et transmettre le dossier des ouvrages exécutés élaboré par les entreprises et nécessaires à l'exploitation de l'ouvrage, à partir des plans conformes à l'exécution, des notices de fonctionnement et des prescriptions de maintenance des fournisseurs, des plans de recollement.

5.2. PHASAGE DES TRAVAUX

5.2.1. Planning prévisionnel

La période de construction du parc éolien durera environ 7 mois. Le programme détaillé des travaux n'a pas encore été élaboré à cette phase de projet, cependant une planification indicative est fournie ci-dessous :



Cette planification prévisionnelle peut être affectée par des conditions climatiques extrêmes ou autres cas de force majeure non prévisibles.

5.2.2. Grandes phases des travaux

Le chantier du parc éolien comprend quatre principales phases de travaux :

PHASE 1 – TRAVAUX DE GENIE CIVIL ET OPERATIONS ASSOCIEES

- Mobilisation et mise en place du chantier ;
- Terrassement et construction des voies d'accès et excavation des emplacement pour les fondations ;
- Construction des fondations de l'éolienne ;
- Terrassement et construction des aires de grutage ;
- Construction du poste de livraison.



PHASE 2 – INSTALLATIONS ELECTRIQUES

- Réalisation des tranchées pour le passage des câbles ;
- Installation des câbles ;
- Installation du/des transformateur(s) et des différents équipements ;
- Connexions HTB.

PHASE 3 – INSTALLATION DES EOLIENNES

- Livraison des éléments ;
- Assemblage de la grue principale de montage ;
- Assemblage des éléments ;
- Connexions HTA ;
- Inspections de sécurité ;
- Livraison du chantier.

PHASE 4 – MISE EN SERVICE

- Essais de fiabilité ;
- Essai et mise en service des postes de livraison ;
- Mise en service des éoliennes ;
- Mise sous tension du réseau.

Les paragraphes suivants détaillent les grandes opérations de ces différentes phases sans tenir compte de la chronologie présentée ci-dessus.

5.3. DESCRIPTIF DES TRAVAUX

5.3.1. Travaux préliminaires à la déclaration de début d'exploitation

Dès l'obtention de l'autorisation, puis l'envoi de la déclaration de début d'exploitation, il sera procédé à :

- La mise en place de panneaux indiquant l'identité de l'exploitant (au niveau de la zone d'entrée du site) et la référence de l'autorisation ;
- Le bornage des limites (contours des plates-formes, des pistes, des fondations/pied du mat des éoliennes...).

5.3.2. Phase 1 : Travaux de génie civil et opérations associées

5.3.2.1. Installations du chantier

En amont du démarrage des travaux de construction du parc éolien, et conformément à la réglementation en vigueur, le maître d'œuvre réalisera une **base vie** d'environ 900 m², afin de permettre aux différents intervenants d'avoir à leur disposition :

- Salle de réunion (bungalows),
- Sanitaires,
- Cuve à eau,
- Raccordement électrique,
- Raccordement téléphone,
- Benne pour déchets (palettes, plastiques).

La base vie fera également office d'**aire de stockage des matériaux et du matériel** nécessaire au bon déroulement des travaux. Les plateformes installées au pied des éoliennes serviront également d'aires de stockage des matériaux (mât, pâles, nacelle, composants électriques et électroniques) pour optimiser les délais de réalisation et pour concentrer les circulations de camion.

Sur la base vie, des bennes à déchets seront mises en place sur l'aire du chantier afin de récupérer tous les déchets (plastiques, cartons, palettes, ferrailles...) servant au conditionnement des équipements. Cette benne sera recouverte d'un filet afin d'éviter l'envol des matériaux légers. Cette benne sera vidée par une entreprise spécialisée dans le traitement des déchets.



Illustration 9 - Exemples de base - vie sans raccordement possible aux réseaux

Cette base chantier sera mise en place jusqu'au parfait achèvement de la construction du site. Elle sera engravée le temps des travaux puis décapée. La localisation exacte de la base vie n'est pas définie mais il est certain qu'elle se trouvera en dehors des zones à enjeu environnemental.

Des aires de stockage peuvent s'avérer nécessaires. Les matériaux concernés sont la terre végétale décapée et le tout-venant (cailloux, roches). Dans la mesure du possible les matériaux excavés seront réutilisés sur place (remblais sur massif, remblais des tranchés, remise en place de la terre végétale post-chantier). Une bâche en feutre géotextile sera installée pour permettre ces stockages.



5.3.2.2. Terrassements et travaux associés

Cheminements et voies d'accès à l'intérieur du parc éolien

Pour accéder à chaque aérogénérateur, une voie existante sera élargie sur un tronçon et 4 pistes d'accès aux éoliennes seront créées.

Les accès pour la construction et la maintenance des éoliennes seront assurés par la RN10, puis par la D27 et par les voiries et chemins locaux, qui seront réaménagés (élargis, et renforcés).



Illustration 10 - Création des chemins d'accès

Géométrie des pistes et des virages

La largeur des pistes est préconisée à 4,5 m de bande roulante.
 Les pentes transversales doivent être inférieures ou égales à 2%.
 Les pentes longitudinales doivent être inférieures ou égales à 10%.
 Les rayons longitudinaux doivent être de 250.00 m minimum.

Les pistes de desserte du parc éolien répondent au cahier des charges suivant :

- largeur : 4,5 m de bande roulante (cf. figure suivante)
- pentes maximales : 10 % - nature des matériaux : pose d'une membrane géotextile si nécessaire et empierrement (concassé de granit de couleur beige/grise).

Afin que les camions de transport des composants des éoliennes puissent manœuvrer, il est nécessaire que les virages respectent un certain rayon de courbure, calculé selon le type d'éolienne. Par ailleurs, l'intérieur du virage doit être dégagé d'obstacles sur un rayon légèrement plus important (des adaptations peuvent être effectuées selon la configuration du terrain).

Le rayon de braquage des convois exceptionnels sera de 45 m pour l'intérieur de virage exempts d'obstacles (cf. figure suivante).

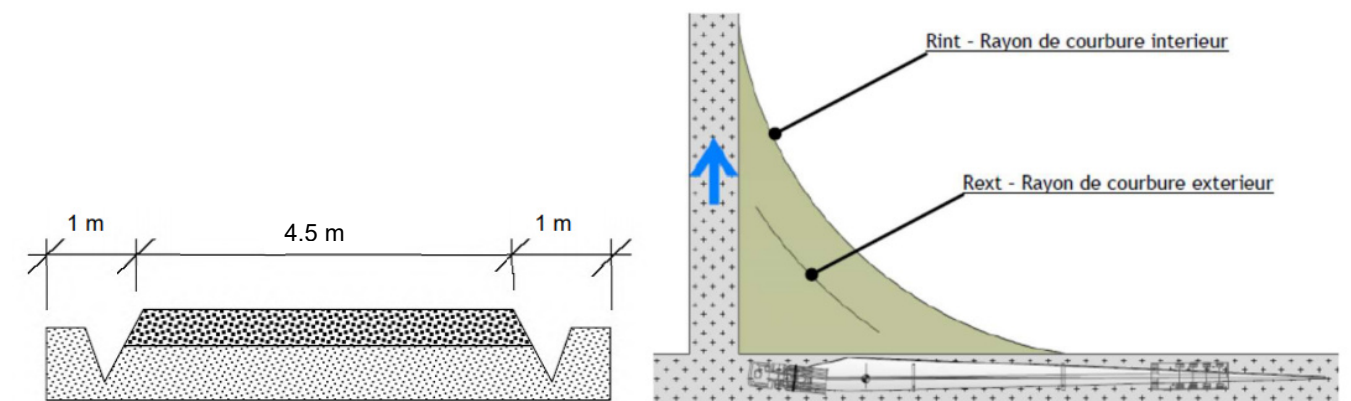
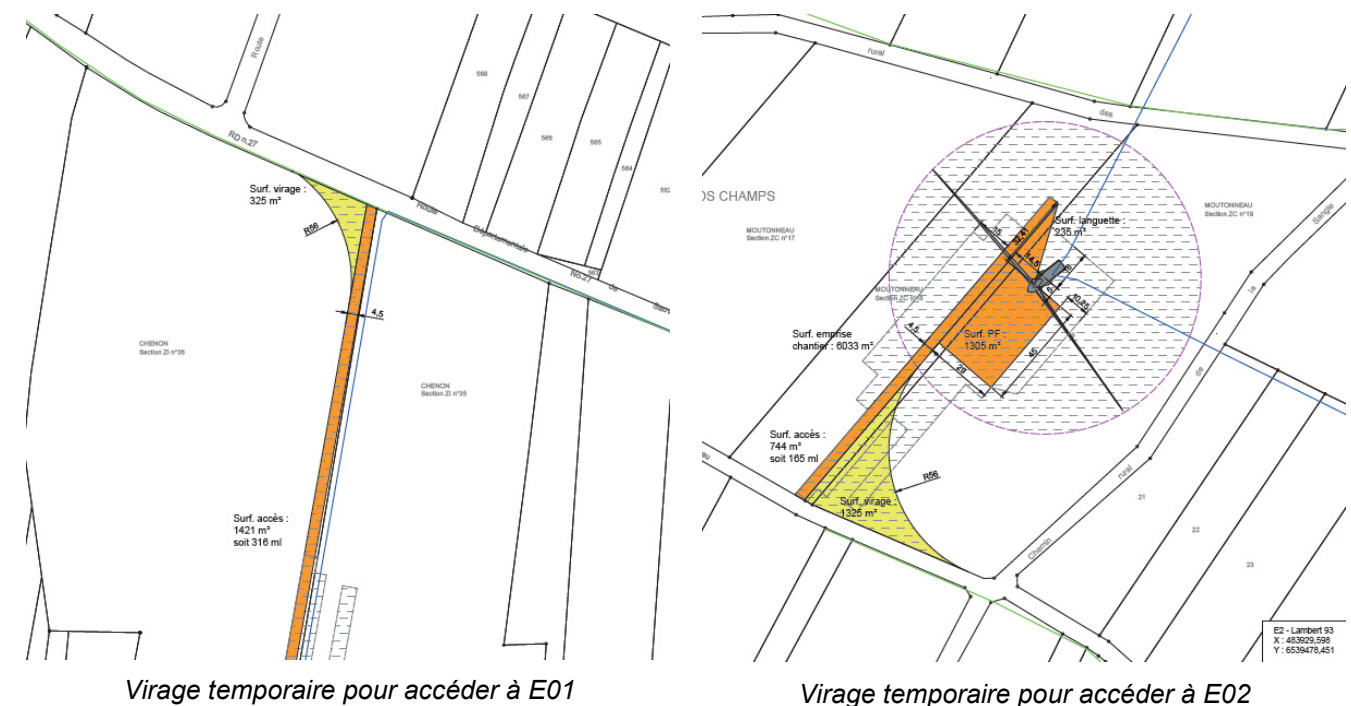
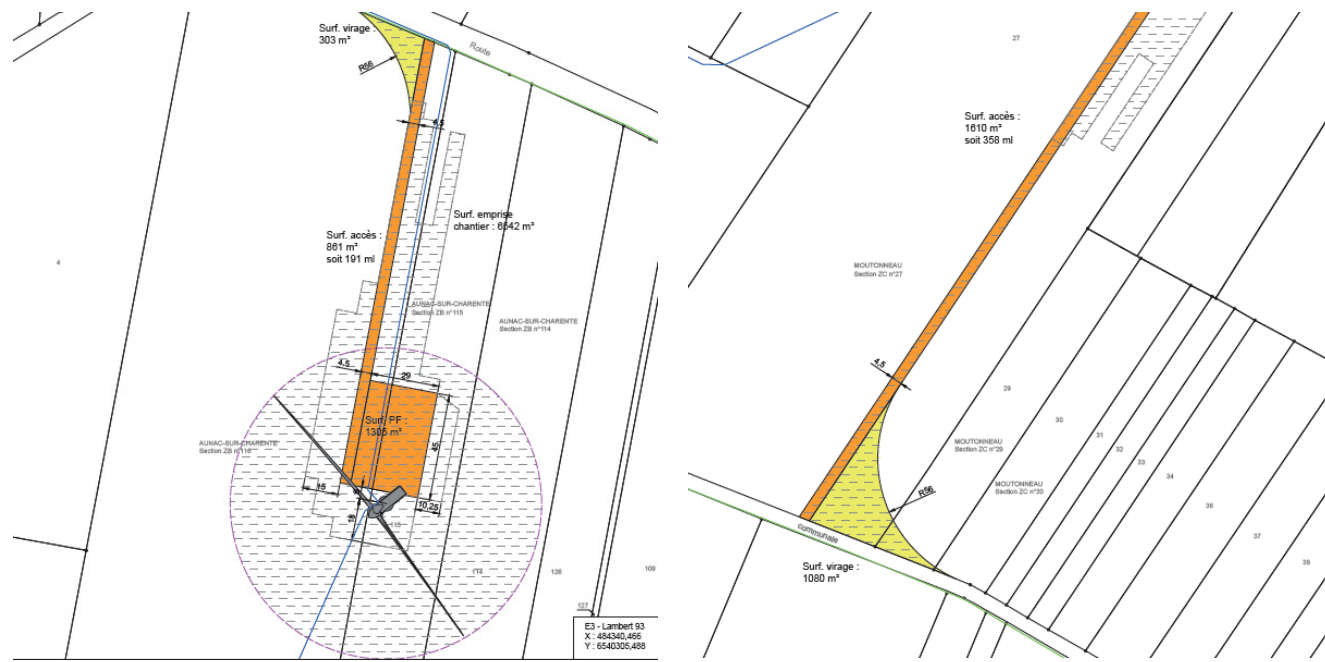


Illustration 11 : Configuration des pistes





Virage temporaire pour accéder à E03

Virage temporaire pour accéder à E04

Capacité portante des voies d'accès

Les pistes d'accès seront constituées d'une couche de renforcement, capable de supporter le trafic et le travail des engins lourds, de façon pérenne et sécurisée pendant toute la durée du chantier.

Une étude géotechnique caractérisera le sol sur lequel les routes du parc seront construites. Des échantillons de sol seront soumis à des tests en laboratoire pour la caractérisation du terrain (granulométrie, plasticité, compacté à 98% à l'essai Proctor, etc.) et plus particulièrement un essai CBR. Ces tests seront complétés par des essais à la plaque in-situ.

Dans les cas où il n'est pas possible d'atteindre les valeurs minimales CBR, les voies devront être améliorées par l'application de la technique la plus appropriée (traitement à la chaux ou au ciment, empierrement, etc.) en fonction du type de sol. Le gravier utilisé aura une faible plasticité afin d'éviter la formulation de boue.

Les pistes d'accès aux différentes éoliennes du parc éolien seront dimensionnées pour supporter une reprise à l'effort de 16T à l'essieu minimum, quelle que soient les conditions météorologiques.



Illustration 13 - Épandage pour traitement à la chaux – piste confectionnée en GNT

D'autre part, avant le début des travaux on veillera à mettre en place une signalisation complète et adaptée du site, tout en respectant les recommandations suivantes :

- Éviter tout bourrelet de terre laissé en place en bordure de la piste qui constitue des sources de levées d'adventices³ et donc de pollution végétale.
- Ne pas apporter de matériaux exogènes dont l'impact visuel et paysager est négatif.

Les matériaux (hors terre végétale) extraits lors de la création de pistes et élargissements seront systématiquement enlevés du site.

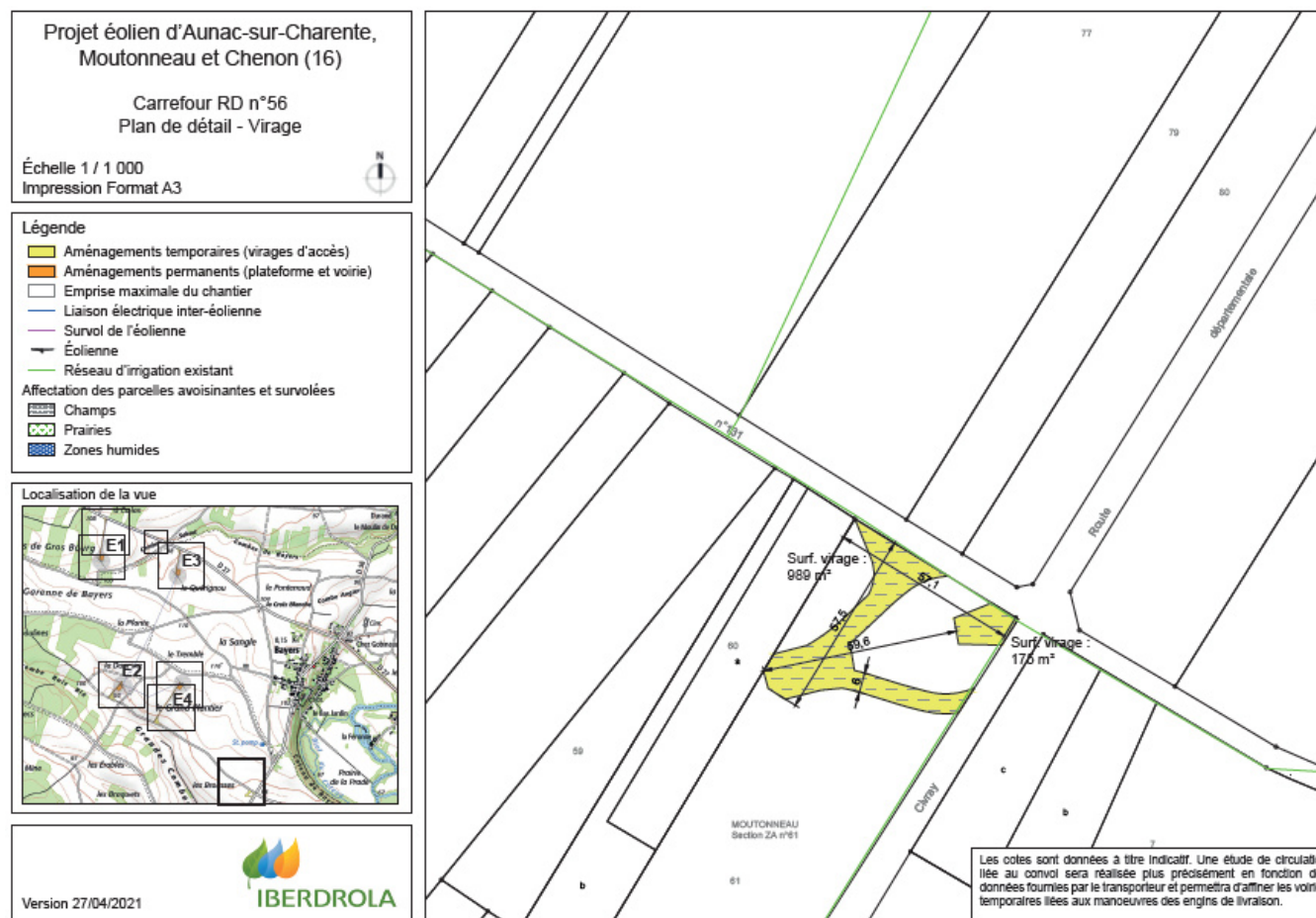


Illustration 12 – Localisation des différents virages temporaires dans le cadre du projet (source : IBERDROLA)

³Espèce florale étrangère à la zone, souvent des espèces invasives.



5.3.2.3. Plateformes et aires d'assemblage

La plateforme de montage doit être constituée d'une couche de renforcement, capable de supporter le trafic et le travail des engins lourds de façon pérenne et sécurisée.

Sa réalisation doit donc être assurée par une série d'investigations, de calculs et de contrôles. Cette conception doit être intégrée dans l'étude de projet (mission G2 de la norme NF P 94-500) confiée au géotechnicien chargé du dossier.

La réception des ouvrages sera effectuée sous le contrôle des turbiniers, sur la base d'essais à la plaque et mesures en laboratoire démontrant que les valeurs ci-dessous ont été atteintes en tout point :

- Plateformes en Matériaux Granulaires (GNT) ou Traitements Hydrauliques ;
- Dévers latéral et longitudinal réduit à 2% maximum de pente ;
- Contrainte admissible au poinçonnement : $\geq 0,55$ MPa (5,5 bars) ;
- Compacité $> 98,5$ % de l'OPN ;
- Carrossable par tous temps ;
- Module EV2 ≥ 90 MPa (portance).

5.3.2.4. Mise en œuvre des fondations

Les travaux de génie civil propres à l'éolienne consistent en la réalisation d'une fondation assurant l'ancrage de l'édifice dans le sol. Les fondations des éoliennes doivent permettre de reprendre l'ensemble des efforts du vent qui s'applique sur l'éolienne dans les conditions les plus défavorables.

Après l'obtention des autorisations administratives, une campagne de reconnaissance géotechnique sera réalisée : fouilles à la pelle mécanique jusqu'à une hauteur déterminée, essais en laboratoire sur échantillons de sol prélevés et sondages destructifs à une profondeur déterminée pour les essais pressiométriques. L'analyse de la caractérisation des sols d'assise permettra de définir les dimensions des fondations.

Les conditions de nappe étant également très importantes pour le choix du diamètre de fondation de l'éolienne, l'analyse hydrogéologique permettra d'évaluer le niveau des plus hautes eaux, l'argilosité des limons, la présence éventuelle de « nappes perchées » temporaires se développant dans les limons.

La nature du sol conditionne le choix du génie civil.



Excavation : à l'emplacement prévu pour l'éolienne, il est réalisé une excavation suffisante pour accueillir la fondation de l'éolienne, sur environ 3 mètres de profondeur pour un diamètre de 23 m. La terre d'excavation est provisoirement stockée aux abords de la fondation, et conservée en vue d'une réutilisation. Cette terre est triée en fonction de sa caractéristique (pierre, terre végétale, terre de remblais) et de sa réutilisation dans d'autres zones de travaux du parc éolien (remblais, talus, profilage de bords de voies d'accès, zones temporaires de chantier et restauration d'aires de travail). L'objectif étant que tous les déblais soient réutilisés sur site. S'ils ne peuvent pas être réutilisés, ils sont évacués vers un centre de traitement adapté.

Béton de propreté : sous-couche de béton destinée à obtenir une dalle de niveau et suffisamment stable pour accueillir le ferrailage de la fondation.

Pose de l'insert : le « support » de l'éolienne. Il est tout d'abord posé sur des plots en béton au centre de la fondation ou sur des pieds métalliques. L'insert est ensuite inclus dans la masse de béton. D'autres techniques remplacent cet insert par un ensemble de couronnes et éléments de ferrailage. Dans le cas d'une base du mat en béton, cette pièce d'interface se situe en hauteur.



Ferrailage : avant d'effectuer le coulage du béton, il faut réaliser l'armature métallique qu'il va renfermer. Cette armature rendra le futur massif de béton extrêmement résistant. 50 tonnes sont ainsi mises en œuvre par éolienne.



Coffrage : c'est une enveloppe extérieure, fixe, qui permet de maintenir le béton pendant son coulage, avant son durcissement.



Coulage : le béton est ensuite coulé à l'intérieur du coffrage à l'aide d'une pompe à béton. Environ 55 toupies seront nécessaires pour acheminer sur le site environ 500 m³ de béton pour une éolienne. Sur la phase finale du coulage, un produit de cure devra être mis en place pour éviter la fissuration du béton.



Fondation terminée : le massif devra être revêtu d'un produit d'étanchéité (type revêtement bitumineux)



Remblaiement et compactage : la bride d'ancrage, sur laquelle vient se fixer le mât de l'éolienne, sera figée dans ce socle en béton coulé en une seule journée. Après séchage du béton pendant plusieurs semaines, la fondation sera recouverte de remblais et de terre végétale pour faciliter la culture du terrain au plus près de l'éolienne. Les quelques mètres autour du mât qui ne pourront pas être cultivés, seront empierrés pour limiter la prolifération d'herbes et de rongeurs.

5.3.3. Phase 2 – Raccordements électriques

Les lignes électriques nécessaires au transport de l'énergie des éoliennes vers le point de livraison au réseau sont entièrement mises en souterrain. C'est également le cas du réseau de communication par fibre optique et de mise à la terre.

Le tracé de raccordement inter-éolienne jusqu'au poste de livraison et du poste de livraison au poste source suivront au maximum les chemins ou routes existants.

L'ouverture des tranchées, nécessaires à la pose des câbles électriques blindés, sera réalisée à l'aide d'une « trancheuse » ou à la pelle mécanique pour les courtes distances, et posséderont les caractéristiques suivantes : largeur d'environ 0,6 m et profondeur moyenne de 80 cm sur les bords de routes, chemins et en plein champ. Un lit de sable sera déposé au fond de la tranchée sur lequel seront déposés le câble, le réseau de fibre optique servant à la supervision du parc éolien, ainsi qu'une ligne téléphonique.

La connexion au réseau public est un préalable nécessaire aux opérations d'essais avant réception et mise en production.



Câbles 20 kV entre l'éolienne et le poste de livraison au raccordement



Enfouissement câbles : 0,5 à 1 m de profondeur



Câbles HTA (< 20 km) :
3x150 mm² ou 3x240 mm²



5.3.4. Phase 3 – Installation et mise en service de l'éolienne

5.3.4.1. Transport

L'aménagement du parc éolien se découpe en divers types de travaux nécessitant plusieurs types d'engins et véhicules, à savoir :

- La réalisation des fondations, qui engendrera un certain nombre de rotations de camion par massif ;
- La livraison des éoliennes, soit des convois exceptionnels de pièces détachées pour chaque éolienne et un convoi pour le poste de livraison ;
- La réalisation des réseaux, qui nécessitera des rotations de camions pour amener les câbles (câbles électriques et fibre optique).

Par ailleurs certains appareillages seront nécessaires sur place : bulldozers, pelleteuses, grues et compacteurs pour le montage des éoliennes et la réalisation des pistes, des fondations et des réseaux. Le transport des différents sous-ensembles de l'éolienne jusqu'au site s'effectue par convois exceptionnels depuis les différentes usines de fabrication (nacelle, mât ou pales).

La livraison est échelonnée de manière à ce que les éléments de l'éolienne arrivent sur la zone dans l'ordre requis pour le montage, afin de minimiser les risques de congestion du site et de dérangement des riverains résidant aux alentours de la zone du projet.

Les voiries et chemins d'accès à chaque éolienne devront être aptes à supporter le passage de plus d'une cinquantaine de convois (par éolienne) dont le plus lourd pourra atteindre environ 165 tonnes :

- Environ 50 véhicules nécessaires au bétonnage et à la construction de l'éolienne (70 dans le cas d'une tour hybride acier/béton),
- 12 à 20 camions pour le montage de la grue,
- 10 à 13 camions pour l'acheminement des éléments de l'éolienne.

Une étude spécifique est réalisée avant le chantier afin de confirmer le trajet pour l'acheminement des éléments du parc éolien, pour ce qui concerne les manœuvres, les aménagements temporaires éventuels et les escortes par des véhicules légers. Conformément au Code de la route, à l'arrêté du 4 avril 2011 modifiant l'arrêté du 4 mai 2006, et le décret n°2011-335 du 28 mars 2011, les déplacements des convois exceptionnels font l'objet de demandes d'autorisation suivant le formulaire Cerfa n°14314*01 et la notice explicative Cerfa n°50934#02 après consultation et coordination avec les Préfectures, les Conseils Départementaux et les DDTM. Ces demandes d'autorisation, ainsi que la coordination avec les différents services de l'Etat, sont assurées par des cabinets d'études, d'agencement et d'organisation de transports exceptionnels en collaboration avec les transporteurs.

5.3.4.2. Le Montage des éoliennes

L'assemblage sur site des éoliennes est la phase la plus spectaculaire des travaux, et prend généralement de 3 à 4 jours par éolienne selon les conditions météorologiques.

Ces travaux nécessitent de pouvoir disposer à l'emplacement de chacune des éoliennes d'une plateforme provisoire de montage, spécifiquement aménagée pour la durée des travaux.

La configuration de la plateforme permet la mise en place avant assemblage :

- Des grues de manutention ;
- Des camions de livraison ;
- Des différents tronçons de mât ;
- Des pales ;
- Du rotor ;
- De la nacelle.

L'installation de l'éolienne est une opération d'assemblage, se déroulant comme suit :

- Préparation de la tour : les surfaces et les plateformes de chaque section de la tour doivent être inspectées visuellement et l'intérieur de toutes les sections sont également inspectées avant de les lever à la verticale. On procède ensuite au nettoyage de la tour qui a éventuellement été exposée à la boue et aux poussières lors de son transport. Des tests de tension des boulons sont effectués.



- Assemblage de la tour : cette opération mobilise deux grues pour lever une section de tour en position verticale. Le montage est effectué au moyen d'une grue principale pour les sections du mat, la nacelle, le moyeu et les pales. Une grue secondaire ou "auxiliaire" contrôle et assiste le levage des différents éléments. La section basse de la tour est levée à la position verticale et des poignées aimantées sont utilisées pour amener la tour à sa position. Une fois la section basse placée dans la position adéquate, les boulons de fixation sont serrés.



Les sections de tour suivantes sont ensuite assemblées. L'assemblage de la section haute et de la nacelle est en principe planifié le même jour. Toutefois si le montage de la nacelle ne peut se faire le même jour notamment en raison des conditions climatiques, le risque d'oscillation de la tour est pris en compte et est prévenu en sécurisant la tour grâce à un système de cordes.



Préparation de la nacelle : quelques outils sont stockés dans la nacelle lorsqu'elle est levée (outils de serrage, câbles, etc...). Les capteurs de vent et le balisage aéronautique sont installés.

- Hissage de la nacelle sur la tour : la nacelle avec la génératrice sont fixées en haut du mât. Les étriers de levage doivent être fixés solidement à la nacelle dans un premier temps, ainsi que des cordes directrices qui permettront de diriger l'opération.
- Assemblage des pales : les trois pales sont soit montées une par une sur le moyeu déjà installé en bout de nacelle, soit elles sont assemblées sur le moyeu au sol. Dans le deuxième cas, la dernière opération consiste à lever le rotor et à le fixer à la nacelle.
- Hissage du moyeu et des pales : la nacelle est hissée sur la tour, le moyeu avec les pales est hissé et fixé sur la nacelle dans un second temps.

Le hissage du moyeu et des pales est réalisé avec une grue.

Après le montage, les équipements internes (l'ascenseur, le transformateur, le câblage) sont installés.





5.3.4.3. Déblais-remblais

Les principes de terrassement et de génie civil qui sont adoptés pour ce chantier permettent la réutilisation sur site de l'ensemble des déblais générés. En conséquence de quoi il n'y a pas de sujet d'acheminement et de stockage en décharge pour les déblais-remblais du chantier de construction.

L'organisation du chantier a pour objectif de tendre vers un bilan nul en termes de déblais-remblais. Si toutefois, cet objectif ne pouvait être atteint, les matériaux excédants seraient acheminés vers des lieux prévus à cet effet (centres d'enfouissement agréés).

5.3.5. Phase 4 – Mise en service

Une fois l'éolienne assemblée, des travaux à l'intérieur de celle-ci sont nécessaires avant de la mettre en service. Ces travaux sont essentiellement d'ordre électrique, mécanique et informatique.

La nacelle et les tronçons de mats sont livrés pré-câblés ; il s'agit alors de réaliser les connexions entre chaque élément pré-câblé. Les éléments mécaniques de la nacelle sont également contrôlés avant mise en route de la machine.

Avant la mise en service du parc les installations électriques à l'intérieur des éoliennes sont contrôlées par une personne compétente et un organisme indépendant agréé.

Enfin, les systèmes informatiques sont configurés, notamment afin d'adapter les réglages de la machine aux conditions du site.

Une fois l'éolienne prête à fonctionner, un essai en production est réalisé. Ce test dure généralement 100 heures, et permet de détecter d'éventuels mauvais réglages avant la mise en service effective.

La période de construction du parc éolien s'achève par l'ensemble des procédures d'essais et de réception, suivi de la mise en production effective.

À l'issue de cette phase, le parc éolien entre dans la période d'EXPLOITATION, qui durera un minimum de 20 années, et pourra être porté à 30 ans.

Au terme de la phase de montage, il est procédé à la remise en état des terrains avec le retrait des aménagements non-nécessaires à la phase d'exploitation (par exemple : une partie des plateformes et des accès peut être réduite).

Les terrains sont décompactés et une couche de terre arable est régalée le long des aménagements permanents et au plus près des mâts d'éoliennes pour cultiver au plus près des installations. Les surfaces qui ne peuvent pas être cultivées, sont empierrées pour limiter la prolifération d'herbes et de rongeurs.

5.3.6. Matériels et déchets liés au chantier

5.3.6.1. Matériels nécessaires à la construction

Le tableau suivant énumère les matériels qui sont utilisés lors de la phase de construction du parc :

Désignation	Utilisation
La grue principale	De 500 à 1 000 t, c'est la grue qui sert au levage des éléments de l'éolienne.
La grue secondaire	Pour un poids d'environ 250 t, elle est utilisée pour le guidage des éléments de l'éolienne.
Base de vie	Réfectoire pour les personnes travaillant sur le chantier, bureaux de travail, sanitaires.
Bennes	Récupération des déchets.
Camions	Transport des éléments de l'éolienne + transport des matériaux de construction (béton, sable, ferrailage...).
Trancheuse avec système pose mécanisé*	Creusement des tranchées pour la pose du câble HTA.
Pelles mécaniques	Réalisation des busages
Équipements de protection	Pour garantir la sécurité des employés de chantier.

* Cet appareil n'est pas nécessairement utilisé lors de la construction, la décision concernant la façon d'effectuer les tranchées pour le passage des câbles inter-éoliennes se faisant en phase construction.

5.3.6.2. Déchets en phase construction

Les installations du parc génèrent des déchets tels que des :

- Emballages cartons propres et souillés ;
- Palettes en bois ;
- Emballages en bois propre ;
- Emballages souillés ;
- Bidons utilisés en acier ;
- Chiffons souillés ;
- Chutes de câblage ;
- Eaux sanitaires et déchets ménagers.

Des mesures de traitement seront étudiées afin de valoriser au mieux ces déchets.



6. PHASE D'EXPLOITATION

6.1. DUREE DE L'EXPLOITATION ET CAPACITE DE L'INSTALLATION

La période d'exploitation du parc éolien durera un minimum de 20 ans et pourra être portée à 30 ans. Le parc éolien produira environ entre 27 et 28 GWh par an.

Durant l'exploitation du parc éolien, aucune matière première n'est nécessaire. Les éoliennes produiront de l'électricité (produit sortant) à partir du vent (source d'énergie). On notera que le fonctionnement des installations ne nécessite aucun besoin en eau (pas d'approvisionnement en eau).

La consommation du parc pour son fonctionnement est estimée à environ 20 000 kWh en moyenne par an (éclairage du poste électrique et de l'intérieur des aérogénérateurs et alimentation des systèmes de surveillance et à 100 litres/ par an de carburant pour les véhicules de maintenance), soit une consommation équivalente à moins de 0,1 % environ de sa production annuelle.

6.2. SUIVI ET MAINTENANCE

6.2.1. Système de surveillance des éoliennes

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Hormis certaines opérations qui nécessitent des interventions sur site, les éoliennes sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, les installations sont équipées d'un système qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs : le système de surveillance à distance, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). L'entreprise chargée de l'entretien a la tâche primaire de surveiller le SCADA 24h/24 et de déclencher les interventions nécessaires. Par ailleurs, l'exploitant possède une organisation d'exploitation capable de prendre en compte tout problème de sécurité se déclarant. Les moyens de prévention sont divers : accès au SCADA via une connexion internet, réception SMS ou courriel. Par ailleurs, on utilise les capteurs embarqués à des fins de maintenance préventive, c'est-à-dire la détection de panne naissante, avant qu'elle n'ait de conséquence sur le fonctionnement de l'éolienne.

Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence (énergie produite, puissance délivrée, vitesse du rotor, vitesse et direction du vent, renvoi d'alarmes...), ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement. Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public...).

Par contre, en cas d'arrêts liés à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement du détecteur de survitesse, d'arc ou de température haute, de pression d'huile basse, etc.), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut et acquiescer l'alarme avant de pouvoir relancer un démarrage.

Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale », interdisant ainsi toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après la mise en arrêt de celui-ci. De plus, les dispositifs de sectionnement sont répartis sur l'ensemble de la chaîne électrique afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

En dehors des arrêts exceptionnels sur panne ou indisponibilité du réseau électrique public, des arrêts nécessaires de maintenance préventive sont annuellement programmés. Pour chaque éolienne, la durée des opérations préventives de maintenance, généralement programmés hors des périodes de plus forte production attendue, représente moins de 5 jours d'arrêt par an.

En complément de la surveillance à distance, des visites hebdomadaires d'inspections sont programmées.

L'exploitant veille également à maintenir, durant toute la vie du parc éolien, des contrats d'entretien concernant les éoliennes et les postes électriques présents sur le parc. Il veille également à l'entretien des chemins et bas-côtés dans un souci de protection contre l'incendie.

6.2.2. Horaires de travail

Comme pendant la période des travaux, pour le personnel de maintenance, les horaires de travail sont compris du lundi au vendredi entre 7h00 et 18h00 hors week-ends et jours fériés. En accord avec les dispositions légales du Code du travail, des horaires adaptés pourront néanmoins être ponctuellement mis en place pendant les périodes de maintenance programmées ou correctives.

Des astreintes 24h/24 permettront à des techniciens dûment habilités d'être en permanence, et à distance, informés de l'état de fonctionnement de la centrale. En fonction de leur nature, les dysfonctionnements seront gérés suivant des procédures prédéfinies.

6.2.3. Personnel présent sur le site

En dehors des interventions de maintenance programmées ou correctives, aucun personnel n'est en permanence présent sur le site.

Cependant en complément de la surveillance à distance, des visites hebdomadaires d'inspection sont programmées.



6.2.4. Transport

Seul(s) 1 ou 2 véhicule(s) seront de passage chaque mois sur le site.

6.2.5. Conformité réglementaire

S'agissant d'une installation classée ICPE, à l'intérieur de laquelle des travaux considérés « dangereux » ont lieu de façon périodique, l'exploitant s'assure également de la conformité réglementaire de ses installations au regard de la sécurité des travailleurs et de l'environnement. Il veille notamment au contrôle par un organisme indépendant du maintien en bon état des équipements électriques, des moyens de protection contre le feu, des protections individuelles et collectives contre les chutes de hauteur, des moyens de levage, des élévateurs de personnes et des équipements sous pression.

Par ailleurs, conformément à la réglementation ICPE, un suivi environnemental est effectué périodiquement, l'entretien est réalisé selon une périodicité définie dans le manuel d'entretien des éoliennes et l'ensemble des déchets est enlevé, trié puis retraité.

Les équipements de sécurité des éoliennes, tels les systèmes de contrôle de survitesse, arrêt d'urgence ou la vérification du boulonnage des tours font l'objet de vérifications de maintenance particulières selon des protocoles définis par les constructeurs et suivis dans le cadre du système qualité de l'exploitant.

6.2.6. Matériels et déchets liés à l'exploitation

Les produits dont la présence permanente est nécessaire au bon fonctionnement des éoliennes sont :

- Les huiles hydrauliques notamment utilisés par le système d'orientation de la nacelle, des pales, mais aussi par le système de freinage ;
- Les graisses utilisées pour les engrenages participant à l'orientation de la nacelle, les roulements et autres pièces en mouvement ;
- Les liquides de refroidissement des pièces et systèmes susceptibles de dégager de la chaleur en fonctionnement ;
- Les isolants diélectriques pour les appareils électriques ;
- Les produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants...) et les déchets non dangereux associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...).

Les quantités de produits présents dans les éoliennes sont précisées dans l'étude de dangers.

6.2.7. Déchets en phase d'exploitation

Durant la phase d'exploitation, seules les opérations de maintenance seront susceptibles de générer certains déchets tels que :

- Les huiles usagées ;
- Des emballages plastique/carton ;

- Des matériaux souillés ;
- Des filtres à huile ;
- Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) ;
- Des aérosols, détergents... ;
- Des batteries usagées ;
- De la ferraille.

Les constructeurs doivent répondre à des critères environnementaux de gestion de leurs déchets en phase exploitation. Des moyens de traitement et éventuellement de recyclage seront étudiés pour valoriser au mieux ces déchets.

Iberdrola est responsable des déchets produits et de leur élimination. En cas de stockage temporaire sur un site du maintenancier des éoliennes, cette société s'assurera que les turbiniers disposent des autorisations nécessaires au stockage/transit des déchets provenant d'ICPE.

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible ne sera stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison. Les déchets non dangereux (définis à l'article R. 541-8 du code de l'environnement) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées (conformément à l'article 21 de l'arrêté du 26 août 2011).

6.2.8. Entretien des éoliennes

L'entretien des éoliennes est réalisé par les fabricants qui possèdent toute l'expertise nécessaire, des techniciens formés, la documentation, les outillages, les pièces détachées, selon des contrats d'une durée de 5 à 15 ans. L'objectif de l'entretien est le maintien en état des éoliennes pour la durée de leur exploitation, soient 20 ans minimum, avec un niveau élevé de performance et dans le respect de la sécurité des intervenants et des riverains.

Le plan d'entretien des éoliennes est rédigé par l'exploitant sur la base des recommandations de chaque constructeur d'éoliennes, et dans le respect des règles ICPE. Chaque constructeur d'éolienne construit ses matériels selon les normes européennes et respecte en particulier la norme IEC61400-1 définissant les besoins pour un plan de maintenance.

6.2.8.1. Entretien préventif

Conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié :

« 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 de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans. Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt spécifiées dans les consignes établies en application de l'article 22 du présent arrêté du 26 août 2011.



L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse.

L'exploitant tient à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps.

Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnement.

La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19 du présent arrêté ».

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par le personnel d'exploitation et de maintenance, formé pour ces interventions.

La liste des opérations à effectuer sur les machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures.

Les opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité.

L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées. Ces opérations sont détaillées et regroupées par ensemble fonctionnel de l'aérogénérateur : ils constituent une check-list suivie par les équipes de maintenance, dûment renseignée, signée, et mise à la disposition des exploitants au terme de chaque opération de maintenance. De plus, une inspection visuelle de l'état général de l'éolienne est effectuée lors de chaque opération de maintenance.

Ces opérations de maintenance garantissent le suivi et la durabilité des éoliennes dans le temps.

6.2.8.2. Entretien prédictif

Afin d'optimiser les conditions d'exploitation et de réduire les coûts parfois associés à des arrêts de production non programmés, l'exploitant peut mettre en place un programme de maintenance prédictive qui va au-delà des prescriptions usuelles du constructeur.

Cette anticipation de pannes est faite par la surveillance des paramètres d'exploitation des éoliennes, tels que les températures des équipements, l'analyse en laboratoire des lubrifiants et l'analyse des signatures vibratoires de certains équipements tournants. Ainsi, lorsqu'un paramètre dévie de sa plage normale de fonctionnement, l'exploitant déclenche une opération de maintenance ciblée sur le problème détecté, sans qu'une panne n'ait arrêté l'éolienne.

Fréquence : Visite de chaque éolienne 1 fois par an.

Type de véhicule utilisé : véhicule léger.

6.2.8.3. Entretien correctif

Par ailleurs, tout au long de l'année, des interventions sont déclenchées au besoin lorsqu'un équipement tombe en panne. Il s'agit de maintenance corrective dans ce cas.

Fréquence : La fréquence de dépannage des éoliennes n'est pas prévisible, puisque par définition elle dépend des pannes rencontrées par celles-ci. Néanmoins, le retour d'expérience montre que la fréquence des pannes suit une courbe dite « en baignoire » (cf. schéma ci-dessous).

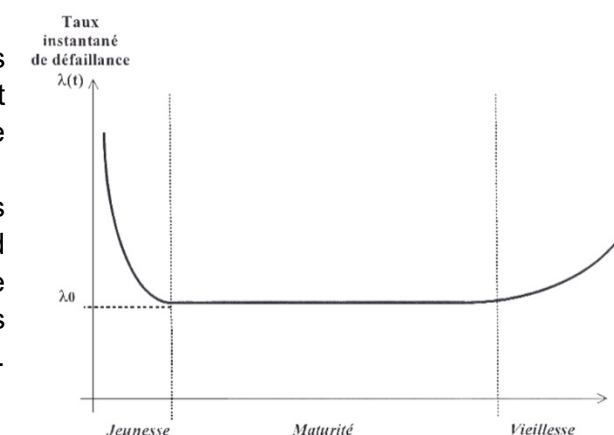


Illustration 14 - Évolution du taux de défaillance en fonction du temps

Cette courbe se divise en 3 parties : jeunesse, maturité et vieillesse du système.

La **jeunesse** qui correspond à la période proche de la mise en fonctionnement possède la probabilité la plus importante de défaillances : les causes possibles sont un défaut de fabrication, la mise en place des réglages et des corrections...

La **maturité** qui correspond à la période où le système est arrivé en période de fonctionnement normal et dont l'usure ne se fait pas ressentir possède la plus faible probabilité de défaillance de la vie du système

La **vieillesse** qui correspond à la période où l'usure commence à être importante et qui voit la probabilité de défaillance augmentée. Il peut alors être nécessaire de changer certains éléments de machines.

Ainsi, la présence des équipes de maintenance sera plus importante en début de vie du parc (première année) et en fin de vie du parc (5 dernières années).

Type de véhicule utilisé : véhicule léger en maintenance courante, grue accompagnée de poids lourds pour sa mise en œuvre dans le cas exceptionnel du remplacement d'un composant principal (multiplicateur, génératrice, pale).



7. ARRET DE L'EXPLOITATION - PHASE DE DEMANTELEMENT

7.1. LES DIFFERENTES OPERATIONS

À la fin de la période d'exploitation, les installations seront définitivement mises à l'arrêt. Les éoliennes seront entièrement démontées et le site remis en état conformément aux réglementations définies par le législateur et à la procédure présentée dans le paragraphe « conditions de remise en état du site ».

Cette période de démantèlement s'étendra sur une durée estimée à environ 3 mois, et consistera principalement à :

1. Entièrement démonter et évacuer les éoliennes (pales, rotor, nacelle, mât ...) ;
2. Démonter et évacuer la structure de livraison ;
3. Supprimer les câbles enterrés dans un rayon de 10 m environ autour des éoliennes et du poste de livraison ;
4. Évacuer le béton des fondations puis remblayer avec des matériaux en conformité avec l'état initial ;
5. Remettre en état les terrains conformément à la législation et/ou aux accords initialement convenus avec leurs propriétaires ;
6. Réaménager ou fermer les pistes qui n'auraient plus d'usage ou fonction ;
7. Autant que faire se peut, valoriser ou éliminer les déchets de démolition ou de démantèlement dans les filières dûment autorisées à cet effet.

7.2. CONDITIONS DE DEMANTELEMENT DES EOLIENNES EN FIN D'EXPLOITATION ET GARANTIES FINANCIERES

7.2.1. Le contexte réglementaire

L'article L515-46 du Code de l'Environnement (ordonnance du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale) : « *L'exploitant d'une installation produisant de l'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent ou, en cas de défaillance, la société mère est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site, dès qu'il est mis fin à l'exploitation, quel que soit le motif de la cessation de l'activité. Dès le début de la production, puis au titre des exercices comptables suivants, l'exploitant ou la société propriétaire constitue les garanties financières nécessaires.*

Pour les installations produisant de l'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent, classées au titre de l'article L. 511-2, les manquements aux obligations de garanties financières donnent lieu à l'application de la procédure de consignation prévue au II de l'article L. 171-8, indépendamment des poursuites pénales qui peuvent être exercées ».

Un décret en Conseil d'Etat détermine, avant le 31 décembre 2010, les prescriptions générales régissant les opérations de démantèlement et de remise en état d'un site ainsi que les conditions de constitution et de mobilisation des garanties financières mentionnées au premier alinéa du présent article. Il détermine également les conditions de constatation par le préfet de département de la carence d'un exploitant ou d'une société propriétaire pour conduire ces opérations et les formes dans lesquelles s'exerce dans cette situation l'appel aux garanties financières. ».

Le pétitionnaire signera avec les propriétaires une convention l'engageant à des modalités de démantèlement et de remise en état du site.

Le remplacement régulier des pièces d'usure d'une éolienne (génératrice, multiplicateur, pales...) peut prolonger la durée de vie du parc éolien sans limite. Cependant, si les conditions techniques ou économiques rendaient impossible pour le Maître d'Ouvrage la poursuite de l'exploitation du parc éolien, son démantèlement serait envisagé. Ce démantèlement sera envisagé aux frais du Maître d'Ouvrage, et afin de garantir sa mise en œuvre, le législateur a prévu la publication des dispositions réglementaires qui y sont associées.

Dans le cas où l'exploitation de la ressource éolienne du site serait abandonnée, le projet doit être en conformité avec les dispositions de la loi « Urbanisme et Habitat » du 2 juillet 2003 (n°2003-590) et notamment son article 98, qui rend obligatoire la remise en état des lieux à la fin de l'exploitation de la ferme éolienne et la constitution d'une provision financière.

Conformément à l'article L553-3 du Code de l'Environnement, le Maître d'Ouvrage garantit le démantèlement intégral et la remise en état du site après la phase d'exploitation :

- Évacuation des éoliennes ;
- Démantèlement des dalles en béton ;
- Travaux de restauration du site (maintien du modelé du relief initial du site) ;
- Apport de terre végétale ;
- Suivi par un ingénieur écologue.

Depuis la loi Grenelle II du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, les éoliennes relèvent du régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

La même loi prévoit que la mise en service des éoliennes soumises à autorisation est subordonnée à la constitution, par l'exploitant, de garanties financières. Le démantèlement et la remise en état du site, dès qu'il est mis fin à son exploitation, sont également de sa responsabilité (ou de celle de la société mère en cas de défaillance). L'article R515-101 du Code de l'Environnement (Décret n°2017-81 du 26 janvier 2017) a ainsi pour objet de définir les conditions de constitution et de mobilisation de ces garanties financières, et de préciser les modalités de cessation d'activité d'un site regroupant des éoliennes.

Des précisions sur les modalités de mise en œuvre de cette phase de démantèlement sont indiquées à l'article 29 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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.



7.2.2. Démantèlement du parc éolien et remise en état du site

Conformément à l'article R 515-106 du Code de l'Environnement (Décret n°2017-81 du 26 janvier 2017), les opérations de démantèlement et de remise en état du parc éolien prévues sont :

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 démobilitation de la zone de travail.
2	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.
3	Démontage des éoliennes	Procédure inverse au montage. Recyclage ou revente possible sur le marché de l'occasion ou à un ferrailleur.
4	Démantèlement des fondations	Retrait de la totalité des fondations permettant le passage éventuel des engins de labours et la pousse des cultures.
5	Retrait des structures de livraison	Revente possible sur le marché de l'occasion.
	Remise en état du site	Retrait des aires de grutage, du système de parafoudre enfoui près de chaque éolienne et réaménagement de la piste. Retrait des chemins d'exploitation selon la volonté des propriétaires des terrains.
6	Élimination des déchets	La valorisation ou l'élimination des déchets de démolition ou de démantèlement dans les filières dûment autorisées à cet effet.

Tableau 7 - Les différentes étapes du démantèlement d'un parc éolien

Le parc éolien est constitué d'éléments dont la nature et la forme sont très différentes. Les techniques de démantèlement seront adaptées à chaque sous-ensemble.

Les turbiniers ont mis en place un processus de démantèlement bien défini pour leurs éoliennes. Des manuels de recommandations stipulant la procédure de démantèlement existent pour tous les modèles d'éoliennes.

Ces documents décrivent les principales activités du processus de démantèlement allant du démantèlement de la turbine jusqu'aux préparatifs pour un transport ultérieur. La procédure de démantèlement est prévue avec l'objectif de remettre, si possible, la turbine en service sur un autre site. Les instructions visent donc à préserver les composants dans un état réutilisable.

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

7.2.2.1. Procédure d'arrêt de l'exploitation

Selon le décret n°2011-985 du 23 août 2011 et l'article R. 515-107 du code de l'environnement, « *Lorsqu'une installation de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent est mise à l'arrêt définitif, l'exploitant notifie au préfet la date de cet arrêt un mois au moins avant celui-ci. Il est donné récépissé sans frais de cette notification.* ». De plus, cette notification indique les mesures prises ou prévues pour assurer les opérations de démantèlement et de remise en état.

Toutefois, en cas de carence de l'exploitant dans la mise en œuvre de ces mesures, il est fait application des procédures prévues à l'article L. 171-8 du Code de l'Environnement. Le cas échéant, le préfet met en œuvre les garanties financières.

D'autre part, on note qu'à tout moment, même après la remise en état du site, le préfet peut imposer à l'exploitant les prescriptions nécessaires à la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement (commodité du voisinage, santé, sécurité, salubrité publiques, agriculture, protection de la nature, de l'environnement et des paysages, utilisation rationnelle de l'énergie, conservation des sites, monuments et éléments du patrimoine archéologique...).

Selon le décret n°2011-985 du 23 août 2011 et l'article R. 515-108 du code de l'environnement, lorsque les travaux de démantèlement et de remise en état, sont réalisés, l'exploitant en informe le préfet. Puis, « l'inspecteur des installations classées constate par procès-verbal la réalisation des travaux. Il transmet le procès-verbal au préfet qui en adresse un exemplaire à l'exploitant ainsi qu'au maire ou au président de l'établissement public de coopération intercommunale compétent en matière d'urbanisme et au propriétaire du terrain. »

7.2.2.2. Démantèlement des installations en fin d'exploitation

Le poste électrique (structure de livraison)

La structure de livraison est une unité préfabriquée. Le poste sera déconnecté des câbles, et simplement levé par une grue et transporté hors site pour traitement et recyclage. La fouille dans laquelle il était placé, sera remblayée. L'ensemble du terrain sera nivelé afin de retrouver l'aspect du relief initial.

Les éoliennes

Les tours, nacelles et pales seront démantelées selon une procédure spécifique au modèle d'éolienne. De manière globale, le démontage suivra à la lettre la procédure de montage, à l'inverse. Ainsi, avec une grue de même nature et de mêmes dimensions que pour le montage, les pales, le moyeu et la tour seront démontés, la nacelle descendue.

Chaque ensemble sera évacué par camions, de la même façon que pour la création du parc. Une partie importante des éoliennes se prête au recyclage des matériaux.

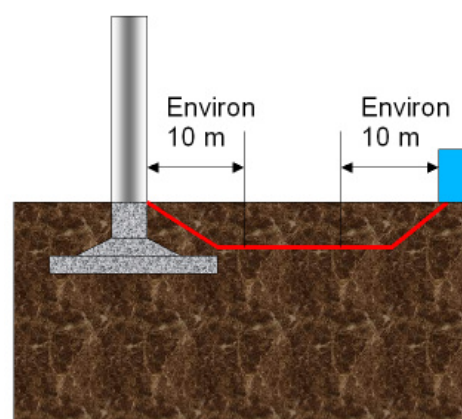
Conformément à l'article R 515-105 du Code de l'Environnement, « *les déchets de démolition et de démantèlement sont réutilisés, recyclés, valorisés, ou à défaut éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet* ».



Les câbles électriques

Les câbles doivent être excavés dès lors que leur maintien pose un problème à l'usage des terrains.

Dans la pratique les câbles en place depuis plus de 30 ans, ne doivent pas être retirés. Toutefois, les câbles à proximité des mâts et des points de raccordement (structures de livraison) seront retirés dans un rayon de 10 m environ autour de ces points singuliers.



Excavation des fondations

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières, (article 29), « les opérations de démantèlement et de remise en état prévues à l'article R. 515-106 du code de l'environnement comprennent 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 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 ».

Iberdrola procédera au démantèlement de toutes les fondations. L'arasement sera effectué au marteau-piqueur pour le béton et au chalumeau pour le ferrailage et, le cas échéant, les boulons ou l'insert encastré dans le béton armé. La terre sera remplacée par de la terre de caractéristiques comparables aux terres placées à proximité de l'installation.

7.2.2.3. Remise en état du site

Conformément à l'article 29 de l'arrêté du 26 août 2011, la remise en état consiste en « 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 ». Si toutefois une nouvelle réglementation concernant la remise en état était en vigueur, la société d'exploitation se conformerait aux obligations réglementaires.

Dans le cadre du présent projet éolien et conformément à la réglementation, les propriétaires et les communes de Chenon, Moutonneau et Aunac-sur-Charente ont rendu un avis favorable aux conditions de démantèlement.

7.2.2.4. Les déchets

Conformément à l'article 29 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, « les déchets de démolition et de démantèlement sont réutilisés, recyclés, valorisés, ou à défaut éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet » [...].

« Au 1er juillet 2022, au minimum 90 % de la masse totale des aérogénérateurs démantelés, fondations incluses, lorsque la totalité des fondations sont excavées, ou 85 % lorsque l'excavation des fondations fait l'objet d'une dérogation prévue par le I, doivent être réutilisés ou recyclés.

« Au 1er juillet 2022, au minimum, 35 % de la masse des rotors doivent être réutilisés ou recyclés ».

« Les aérogénérateurs dont le dossier d'autorisation complet est déposé après les dates suivantes ainsi que les aérogénérateurs mis en service après cette même date dans le cadre d'une modification notable, doivent avoir au minimum :

- après le 1er janvier 2024, 95 % de leur masse totale, tout ou partie des fondations incluses, réutilisable ou recyclable ;
- 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. »

Les éoliennes sont essentiellement composées de fibres de verre et d'acier. Mais en réalité, la composition d'une éolienne est plus complexe et d'autres composants interviennent tel le cuivre ou l'aluminium.

98% des composants d'une éolienne sont recyclés ou réutilisés (métaux, gravats...).

Les différents matériaux récupérables et/ou valorisables d'une éolienne sont analysés ci-après :

- Les pales : le poids des trois pales atteint entre 20 et 40 tonnes selon le modèle d'éolienne. Elles sont constituées de composites de résine, de fibres de verre et de carbone. Ces matériaux pourront être broyés pour faciliter le recyclage ;
- La nacelle : le poids de la nacelle vide est de 60 tonnes. Elle est composée de différents matériaux : de la ferraille d'acier, de cuivre et différents composites de résine et de fibre de verre. Ces matériaux sont facilement recyclables ;
- Le mât : le poids du mât est principalement fonction de sa hauteur. Le mât est principalement composé d'acier, qui est facilement recyclable. Des échelles sont aussi présentes à l'intérieur du mât. De la ferraille d'aluminium sera donc récupérée pour être recyclée ;
- Le transformateur et les installations de distribution électrique : chacun de ces éléments sera récupéré et évacué conformément à l'ordonnance sur les déchets électroniques ;
- La fondation : la fondation sera entièrement démantelée, conformément à l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie du vent. Par conséquent, du béton armé sera récupéré. L'acier sera séparé des fragments et des caillasses.

Chacun des composants de ces éléments seront ensuite triés et envoyés vers les filières d'élimination et/ou de valorisation appropriées (cf. Chapitre Impacts sur le milieu humain – rubrique hygiène et salubrité publique).



7.2.3. Garanties financières

Conformément à l'article R. 515-101 du Code de l'Environnement, « la mise en service d'une installation de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent soumise à autorisation au titre du 2° de l'article L. 181-1 est subordonnée à la constitution de garanties financières visant à couvrir, en cas de défaillance de l'exploitant lors de la remise en état du site, les opérations prévues à l'article R. 515-106. Le montant des garanties financières exigées ainsi que les modalités d'actualisation de ce montant sont fixés par l'arrêté d'autorisation de l'installation.

Un arrêté du ministre chargé de l'environnement fixe, en fonction de l'importance des installations, les modalités de détermination et de réactualisation du montant des garanties financières qui tiennent notamment compte du coût des travaux de démantèlement.

Lorsque la société exploitante est une filiale au sens de l'article L. 233-3 du code de commerce et en cas de défaillance de cette dernière, la responsabilité de la société mère peut être recherchée dans les conditions prévues à l'article L. 512-17 ».

Le montant des garanties financières mentionnées à l'article R. 515-101 du code de l'environnement est déterminé selon les dispositions de l'annexe I de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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.

Annexe I :

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 :

$$M = \sum (Cu)$$

où :

- M est le montant initial de la garantie financière d'une installation ;
- Cu est le coût unitaire forfaitaire d'un aérogénérateur, calculé selon les dispositions du II de l'annexe I de l'arrêté du 26 août 2011. Il correspond aux opérations de démantèlement et de remise en état d'un site après exploitation prévues à l'article R. 515-106 du code de l'environnement.

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

a) lorsque la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est inférieure ou égale à 2,0 MW : Cu = 50 000

b) lorsque sa puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est supérieure à 2,0 MW : 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).

Annexe II :

Ensuite, chaque année, l'exploitant réactualise le montant de la garantie financière, par application de la formule d'actualisation des coûts suivante :

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

où :

- M_n est le montant exigible à l'année n.
- M est le montant obtenu par application de la formule mentionnée à l'annexe I.
- Index_n est l'indice TP01 en vigueur à la date d'actualisation du montant de la garantie.
- Index₀ est l'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.
- TVA₀ est le taux de la taxe sur la valeur ajoutée au 1er janvier 2011, soit 19,60 % en France métropolitaine en 2021.

En 2022 pour une éolienne, le montant M_n est égal à 50 000 €.

Toutefois, on note que l'arrêté préfectoral d'autorisation fixe le montant initial de la garantie financière et précise l'indice utilisé pour calculer le montant de cette garantie.

En application de l'article R 515-101 du Code de l'Environnement, la société produira donc à la mise en service du parc la preuve de la constitution des garanties financières. Cette garantie sera actualisée au jour de la décision d'autorisation du préfet et sera renouvelée tous les 5 ans selon les taux définis à l'annexe II de l'arrêté du 26 août 2011 modifié (ci-avant).

Le démantèlement des parcs éoliens est soumis à des dispositions spécifiques qui conditionnent la mise en service à la constitution de garanties financières et permettent, le cas échéant, au préfet de se substituer à l'exploitant en cas de défaillance (article R515-102 du code de l'environnement) :

Le préfet met en œuvre les garanties financières :

- soit en cas de non-exécution par l'exploitant des opérations mentionnées à l'article R. 515-106, après intervention des mesures prévues au I de l'article L. 171-8 ;
- soit en cas d'ouverture ou de prononcé d'une procédure de liquidation judiciaire à l'égard de l'exploitant ;
- soit en cas de disparition de l'exploitant personne morale par suite de sa liquidation amiable ou du décès de l'exploitant physique.

Conformément à l'article R515-104 du Code de l'Environnement, lorsque l'installation change d'exploitant, le nouvel exploitant joint à la déclaration prévue à l'article R. 181-47 le document mentionné à l'article R. 515-102 attestant des garanties que le nouvel exploitant a constituées.

Selon les données de 2022 le montant des garanties financières pour le démantèlement de l'installation projetée est de 360 000 euros pour une durée de cautionnement de 20 ans (90 000 euros/éolienne) pour une puissance max unitaire de 3,6 MW.



8. BILAN DES PRINCIPAUX ELEMENTS DESCRIPTIFS DU PROJET

Sont rappelées ci-après les données principales du projet, notamment celles qui seront utilisées dans le cadre de l'analyse des impacts.

DONNEES GENERALES	
Nombre d'éoliennes	4
Puissance unitaire	Entre 3,4 MW et 3,6 MW
Hauteur maximale en bout de pale	164,5 m
Puissance du parc	Entre 13,6 MW et 14,4 MW
Production estimée	Entre 27 et 28 GWh/an

NB :

Les données techniques dans le tableau suivant différencient d'une part les surfaces temporaires et d'autre part les surfaces permanentes des aménagements

Sont renseignées les surfaces de chaque élément de projet indépendamment. Toutefois, certaines de ces surfaces se recoupent et ne peuvent donc être additionnées. Les surfaces totales du projet indiquées en fin de tableau tiennent compte de ces recouvrements et représentent les emprises réelles du projet en phase chantier puis lors de son fonctionnement.

DONNÉES TECHNIQUES		
	PHASE CHANTIER	PHASE EXPLOITATION
Plateformes		
E1	6 542 m ² de surface d'emprise maximale du chantier dont 1 305 m ² en plateforme renforcée pour la grue	1 305 m ² (plateforme permanente)
E2	6 033 m ² de surface d'emprise maximale du chantier dont 1 540 m ² en plateforme renforcée pour la grue	1 540 m ² (1305 plateforme permanente + 235 m ² languette)
E3	6 542 m ² de surface d'emprise maximale du chantier dont 1 305 m ² en plateforme renforcée pour la grue	1 305 m ² (plateforme permanente)
E4	6 542 m ² de surface d'emprise maximale du chantier dont 1 305 m ² en plateforme renforcée pour la grue	1 305 m ² (plateforme permanente)
Total	25 660 m² d'emprise chantier dont 5455 m² de plateforme renforcée	5 455 m²
Fondations		
Surface des fondations	346 m ² (par éolienne)	15,2 m ² (par éolienne)
Surface des fouilles	415 m ² (par éolienne) soit 1660 m ² Une partie de cette surface est comprise dans celle des plateformes (455 m ² en commun avec les plateformes)	
Volume d'excavation de terre	1 245 m ³ (par éolienne, soit 415 m ² sur 3 m de hauteur)	/
Volume total excavé	4980 m ³	/
Base de vie		
Base de vie chantier	900 m ²	/
Accès		
Voiries existantes à élargir	1335 ml (voie large de 2,5 m à élargir à 4,5 m) soit près de 2670 m ²	1335 ml (voie large de 2,5 m à élargir à 4,5 m) soit près de 2670 m ²
Pistes d'accès aux éoliennes créées (4,5 m de large)	1 030 ml (soit près de 4 635 m ²)	1 030 ml (soit près de 4 635 m ²)
Virages temporaires	4 197 m ²	(-) Effacement après chantier
Linéaire total de voiries améliorées ou créées	2 365 ml	2 365 ml
Poste électrique		
Emprise PDL et plateforme	66 m ²	66 m ²
Surface PDL	18 m ²	18 m ²
Surface de la fouille nécessaire à l'implantation du PDL	24 m ²	/
Volume d'excavation pour l'implantation du poste de livraison	24 m ³	/
Total de l'emprise réelle	66 m²	66 m²
Raccordement		
Raccordement inter-éoliennes	2 540 ml au plus court entre les éoliennes sur les parcelles signées	/

Tableau 8 - Principaux éléments du projet