

Région Occitanie  
Département Lozère (48)  
Commune de Monts de Randon - 48700

# Présentation du projet

## Projet de parc éolien de *Croix de Bor*

**Maître d'Ouvrage : Energie de la  
Croix de Bor**

Adresse du Demandeur :  
SAS ENERGIE DE LA CROIX de BOR  
ARKOLIA ENERGIES  
8 chemin des Genêts  
31120 Portet sur Garonne

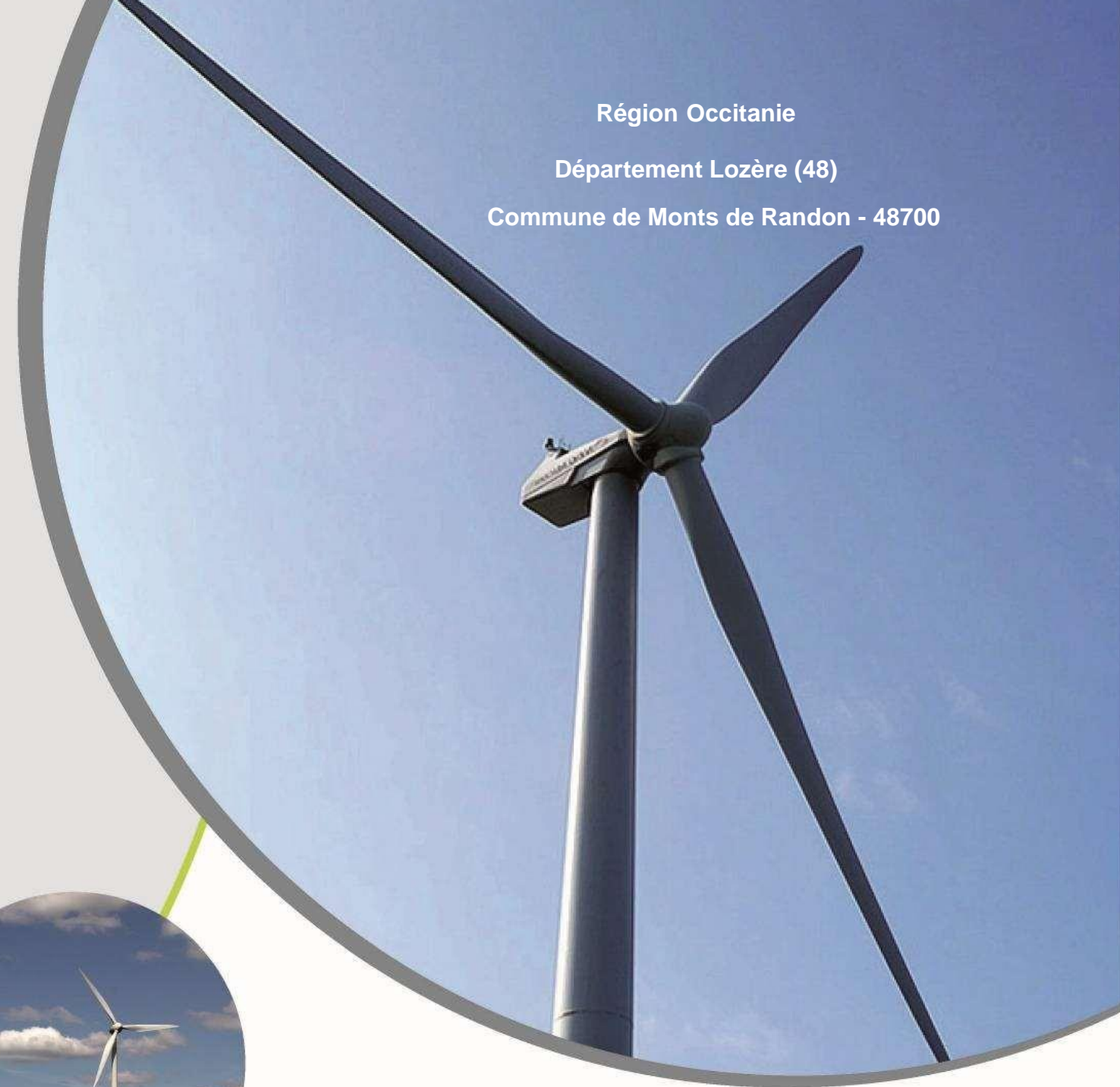
Adresse de Correspondance :

EDF Renouvelables  
A l'attention de Fabien VIARD  
Service Développement B503  
966 avenue Raymond DUGRAND – CS  
66014 34060 Montpellier  
Tel : 06 89 72 30 83  
Mail : [Fabien.Viard@edf-re.fr](mailto:Fabien.Viard@edf-re.fr)

&

ARKOLIA ENERGIES  
A l'attention de Marie Gabrielle  
MOLLANDIN Chef de projets ENR  
8 chemin des Genêts  
31120 Portet sur Garonne  
Tel : 06 37 00 04 96  
Mail : [mgmollandin@arkolia-energies.com](mailto:mgmollandin@arkolia-energies.com)

Décembre 2022



ÉNERGIE DE LA  
**+ DE BOR**  
LOZÈRE



Parc éolien de Croix de Bor (48)

## SOMMAIRE

1.1.	SITUATION GEOGRAPHIQUE .....	4
1.2.	DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU PROJET .....	7
1.2.1.	<i>Les éoliennes</i> .....	8
1.2.2.	<i>Composition et dimensions des éoliennes</i> .....	8
1.2.3.	<i>Le raccordement électrique</i> .....	14
1.2.4.	<i>L'accès au site et aux éoliennes</i> .....	16
1.2.5.	<i>Equipements connexes</i> .....	18
1.3.	DESCRIPTION DES PHASES OPERATIONNELLES DU PROJET .....	19
1.3.1.	<i>Construction du parc éolien</i> .....	19
1.3.2.	<i>Exploitation du parc éolien</i> .....	26
1.3.3.	<i>Démantèlement du parc éolien et remise en état du site</i> .....	27
1.4.	ESTIMATION DES TYPES ET QUANTITES DE RESIDUS ET D'EMISSIONS ATTENDUS EN PHASE TRAVAUX ET FONCTIONNEMENT.....	31
1.4.1.	<i>En phase travaux</i> .....	31
1.4.2.	<i>En phase de fonctionnement</i> .....	32

## FIGURES

FIGURE 1 :	LOCALISATION ADMINISTRATIVE DU PROJET EOLIEN DE CROIX de BOR.....	5
FIGURE 2 :	IMPLANTATION DU PROJET, .....	6
FIGURE 3 :	SCHEMA DE PRINCIPE D'UN PARC EOLIEN .....	7
FIGURE 4 :	COMPOSITION D'UNE EOLIENNE ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	9
FIGURE 5 :	PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT D'UNE FONDATION D'UNE EOLIENNE.....	10
FIGURE 6 :	SCHEMA DESCRIPTIF DU COUPLE ROTOR/NACELLE .....	11
FIGURE 7 :	COURBE DE PUISSANCE D'UNE EOLIENNE DE 2000 KW.....	11
FIGURE 8 :	PRINCIPE DU RACCORDEMENT ELECTRIQUE D'UNE INSTALLATION EOLIENNE .....	14
FIGURE 9 :	HYPOTHESES DE RACCORDEMENT AU POSTE SOURCE, .....	16
FIGURE 10 :	TRANSPORT D'UNE PALE .....	16
FIGURE 11 :	TRANSPORT D'UNE NACELLE.....	16
FIGURE 12 :	TRANSPORT D'UN MAT .....	16
FIGURE 13 :	ENTREE SUR SITE.....	16
FIGURE 14 :	ACCES PREVUS .....	17
FIGURE 15 :	EXEMPLE DE RESERVE D'EAU POUR LUTTER CONTRE L'INCENDIE.....	18
FIGURE 16 :	PHASES DE TRAVAUX DE CONSTRUCTION D'UN PARC EOLIEN .....	20
FIGURE 17 :	SCHEMA DE PRINCIPE D'UN AMENAGEMENT D'UNE PLATEFORME DE LEVAGE.....	21
FIGURE 18 :	SURFACES A DEBROUSSAILLER AU NIVEAU .....	23
FIGURE 19 :	PRINCIPAUX TYPES DE TRAVAUX DE DEMANTELEMENT ET DE REMISE EN ETAT D'UN PARC EOLIEN.....	27
FIGURE 20 :	EXEMPLE DE DEMANTELEMENT REALISE PAR EDF-R .....	29
FIGURE 21 :	ETAPES DU CHANTIER DE DEMANTELEMENT DU PARC EOLIEN DE SALLELES-LIMOUSIS (11- AUDE) .....	30

## TABLEAUX

TABLEAU 1 :	RECAPITULATIF DES COORDONNEES DES EOLIENNES .....	4
TABLEAU 2 :	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU PARC EOLIEN DE Croix de Bor.....	7
TABLEAU 3 :	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AEROGENERATEURS GABARIT 90.....	8
TABLEAU 4 :	COMPOSITION D'UNE EOLIENNE.....	11
TABLEAU 5 :	PHASAGE DU CHANTIER DE CONSTRUCTION .....	19
TABLEAU 6 :	CALENDRIER DES TRAVAUX ADAPTE AU CYCLE BIOLOGIQUE .....	19
TABLEAU 7 :	EMPRISES AU SOL DU PROJET .....	21
TABLEAU 8 :	TRAFIC ROUTIER LIE AU CHANTIER DE CROIX de BOR.....	31
TABLEAU 9 :	TYPE DE DECHETS PRODUITS LORS DU CHANTIER DE CONSTRUCTION .....	32

**EDF Renouvelables France**, entité d'EDF Renouvelables, a initié un projet éolien sur la commune de **Monts de Randon** dans le département de la Lozère (48) pour le compte de la **SAS « Energie de la Croix de Bor »**

**Maître d'ouvrage** : SAS Energie de la Croix de Bor

**Assistance à maîtrise d'ouvrage :**  
ARKOLIA et EDF Renouvelables France



**Adresse de correspondance**  
EDF Renouvelables  
A l'attention de Fabien VIARD  
Service Développement B503  
966 avenue Raymond DUGRAND – CS 66014  
34060 Montpellier  
Tel : 06 89 72 30 83  
Mail : Fabien.Viard@edf-re.fr

**Adresse du demandeur**  
SAS de la Croix de Bor  
ARKOLIA Energies  
8 chemin des Genêts  
31120 Portet sur Garonne

&

**ARKOLIA ENERGIES**  
A l'attention de Marie Gabrielle MOLLANDIN  
Chef de projets d'énergies renouvelables  
8 chemin des Genêts  
31120 Portet sur Garonne  
Tel : 06 37 00 04 96  
Mail : mgmollandin@arkolia-energies.com

## 1.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le projet éolien de Croix de Bor se compose de **6 éoliennes** localisées sur la commune de Mont-de-Randon, dans le département de Lozère et la région Occitanie.

Chaque éolienne aura une puissance de 3 MW. Le parc atteindra une puissance totale de **18 MW**. Il permettra ainsi d'alimenter

**18 000 habitants** et de réduire l'émission de gaz à effet de serre de **15 000 tonnes/an**.

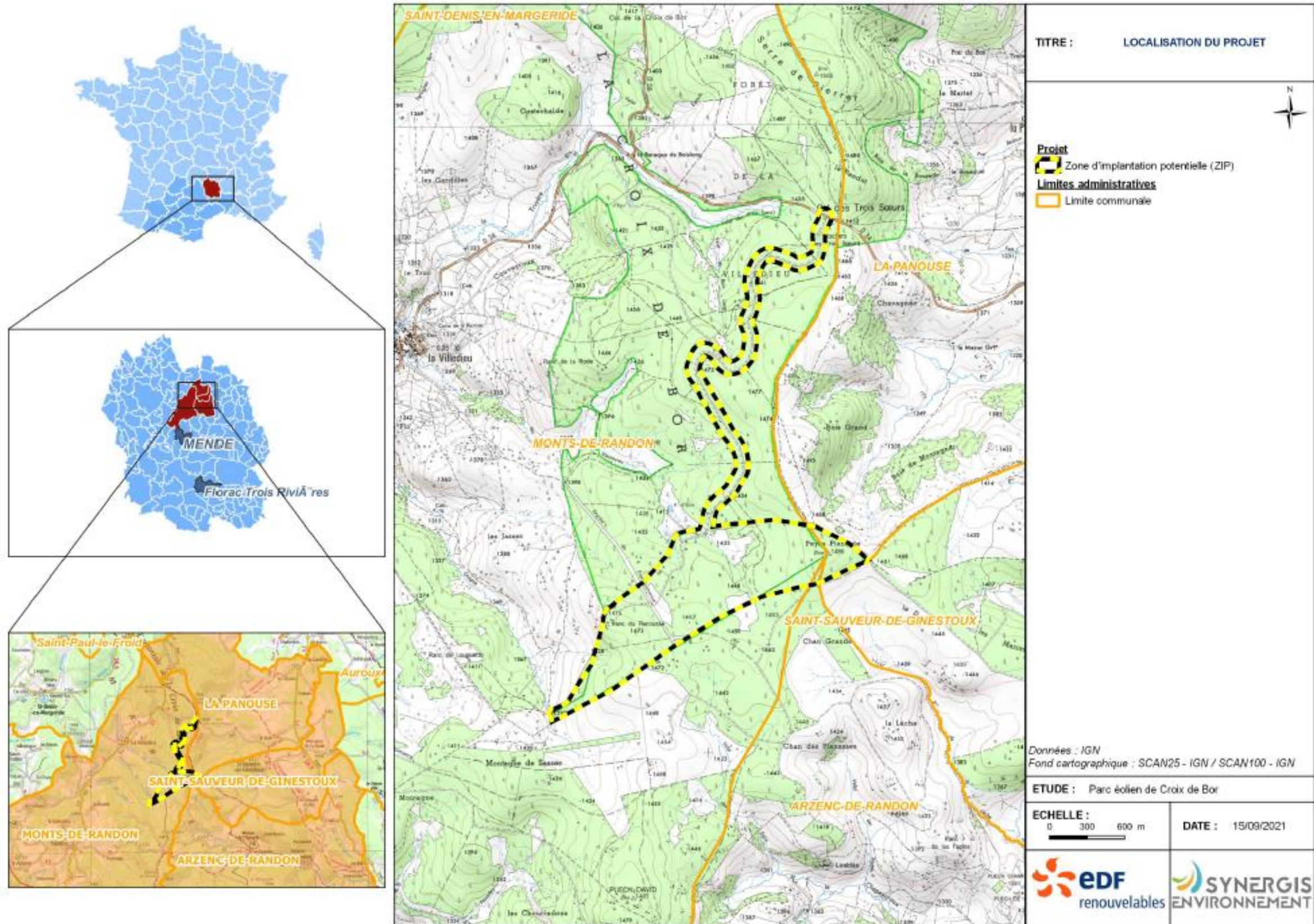
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des éoliennes, selon le référentiel Lambert 93 et le référentiel WGS 84.

Numéro d'éolienne	Projection Lambert II E			Projection WGS 84		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
E1	696 526	1 966 997	1 458	3°33'13,55"	44°41'49,53"	1 458
E2	696 336	1 966 834	1 463	3°33'04,81"	44°41'44,35"	1 463
E3	696 155	1 966 657	1 466	3°32'56,47"	44°41'38,71"	1 466
E4	695 936	1 966 528	1 457	3°32'46,44"	44°41'34,65"	1 457
E5	695 747	1 966 360	1 449	3°32'37,75"	44°41'29,30"	1 449
E6	695 560	1 966 198	1 457	3°32'29,15"	44°41'24,15"	1 457

	Parcelles	Adresse Lieu-Dit	Coordonnées RGF93-Lambert 93		Coordonnées WGS 84 - DMS		Altitude au sol (m NGF)	Surface au sol (m²)
			Abscisse	Ordonnées	Latitude (Est)	Longitude (Nord)		
Poste de livraison 1	08 797	Montagne de la Margeride	743906,39	6400638,39	3°31'15.3432 "E	44°42'12.5208 "N	1459	1462
Poste de livraison 2	08 797		743918,68	6400628,78	3°31'15.9019 "E	44°42'12.2065 "N	1460	1463

Tableau 1 : Coordonnées des éoliennes et postes de livraison - référentiel Lambert 93-WGS 84

Figure 1 : Localisation du projet



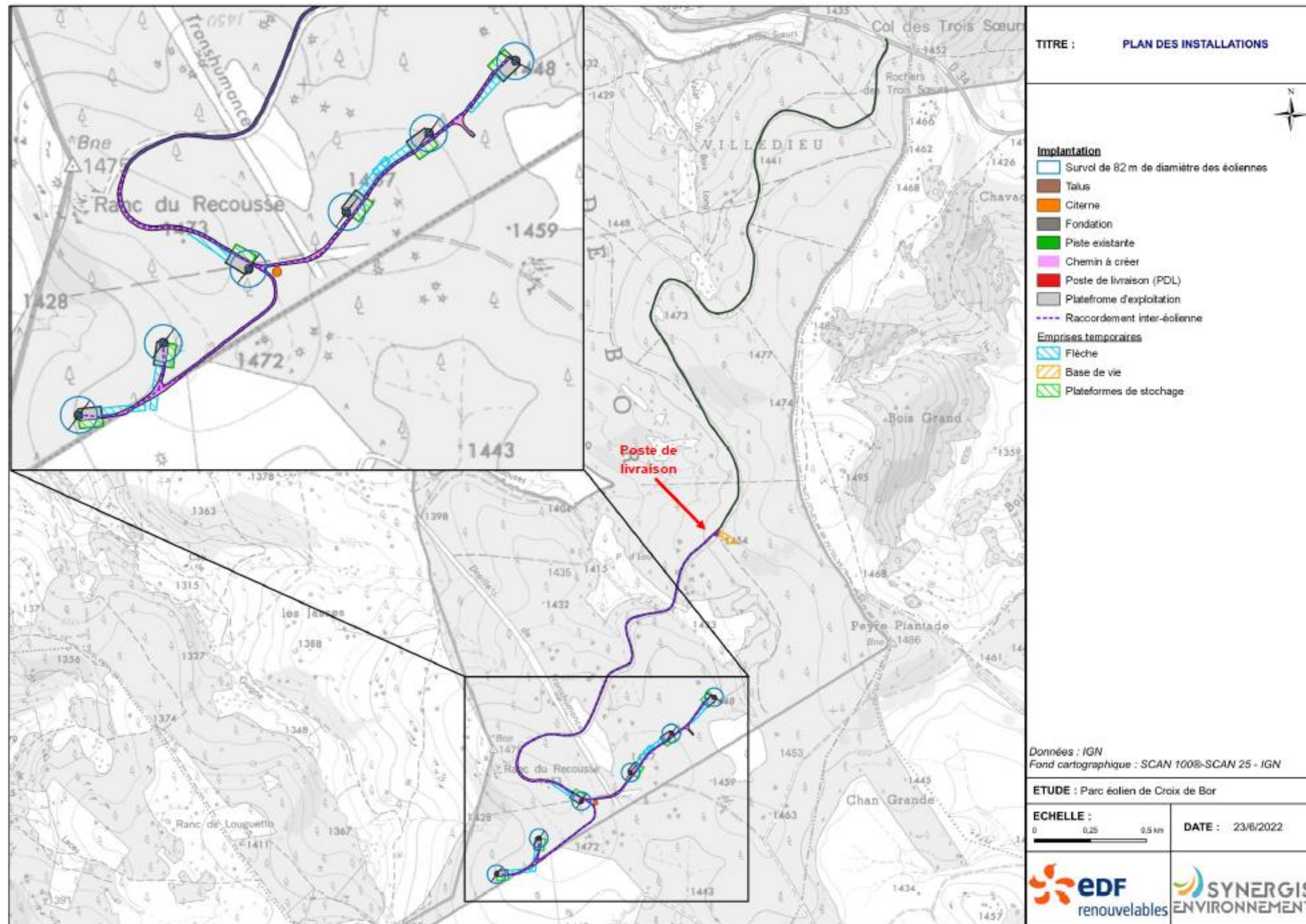


Figure 2 : Implantation du projet

Tableau 2 : Caractéristiques principales du parc éolien de Croix de Bor

Paramètres	Parc éolien de CROIX de BOR
Nombre d'éoliennes	6
Puissance nominale (MW)	3.0 MW / éolienne
Puissance totale du parc éolien (MW)	18.0 MW
Production annuelle estimée (GWh/an)	40 690 MWh/an
Rendement énergétique (%) : Nombre d'heures par an où les éoliennes fonctionneraient à puissance maximale pour arriver à la production annuelle	2 430
Population alimentée en électricité par ce parc	18 000
Hauteur maximale d'une éolienne en bout de pale (m)	126 m
Diamètre maximal du rotor (m)	82 m
Hauteur du mât (m)	84 m
Hauteur sous le rotor (m)	43 m
Vitesse de rotation (m/s)	6 - 18 tours/min
Longueur de pistes à créer (ml)	1 725
Surface défrichée en phase chantier (m <sup>2</sup> )	39 447 m <sup>2</sup>
Surface défrichée en phase chantier (m <sup>2</sup> )	48 824 m <sup>2</sup>
Surface débroussaillée en phase exploitation (m <sup>2</sup> )	60 403 m <sup>2</sup>
Distance de l'habitation la plus proche (m)	2 207 m.

## 1.2. DESCRIPTION DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU PROJET

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

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

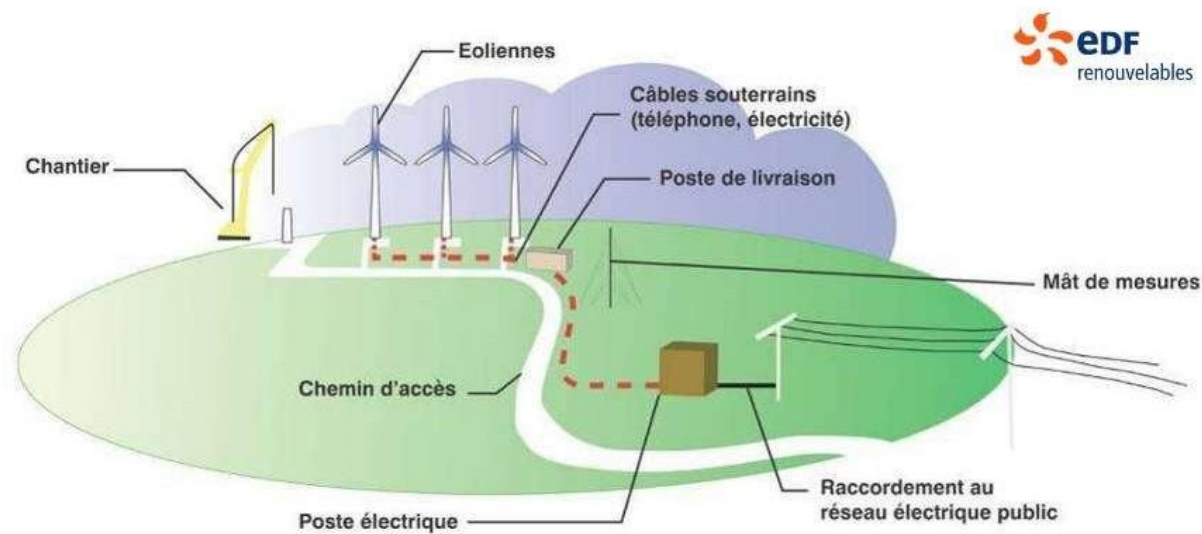


Figure 3 : Schéma de principe d'un parc éolien

<sup>2</sup> A cette vitesse, l'éolienne est arrêtée progressivement pour des raisons de sécurité, et les pales sont mises en drapeau. Cela n'arrive que sur les sites très exposés, quelques heures par an, durant les fortes tempêtes.



## 1.2.1. LES ÉOLIENNES

En tant qu'entreprise (i) liée à une société dont la majeure partie du capital social appartient à l'Etat Français (EDF SA) et (ii) intervenant dans le secteur de la production d'électricité, EDF Renouvelables France est une entité adjudicatrice.

A ce titre, elle doit garantir le respect des principes d'égalité de traitement, de non-discrimination et de transparence lors de ses commandes de travaux, fournitures et services. Elle est actuellement soumise à la directive européenne 2014/25/UE.

En droit interne, les textes actuellement applicables pour régir les formalités de publicités et les procédures de mise en concurrence sont l'ordonnance n°2005-649 du 6 juin 2005 et le décret n°2005-1308 du 20 octobre 2005, mais ils sont appelés à être remplacés rapidement pour transposer notamment la directive 2014/25/UE (cf. d'ores et déjà l'ordonnance n°2015-899 du 23/07/2015 relative aux marchés publics).

Les seuils de passation de marchés formalisés ont été fixés par un décret n°2015-1904 du 30 décembre 2015 avec de nouveaux seuils européens applicables au 1<sup>er</sup> janvier 2020 pour les procédures lancées actuellement (428 000 € HT pour les marchés de fournitures et de services ; 5 350 000 € HT pour les marchés publics de travaux).

Afin de garantir le principe de mise en concurrence des fabricants d'éoliennes, le projet doit pouvoir être réalisé avec des modèles d'éoliennes de plusieurs fournisseurs, sachant qu'il n'existe aucun standard en termes de dimensions et de caractéristiques de fonctionnement.

Afin de ne pas risquer de sous-évaluer les impacts, dangers et inconvénients de l'installation, SAS «Energie de la Croix de Bor» a choisi de définir une éolienne dont les caractéristiques maximisent ces évaluations. Ainsi, les paramètres intervenant, ayant une incidence, sont les suivants :

- Le diamètre ;
- La hauteur en bout de pale ;
- La hauteur libre sous le rotor ;
- Les paramètres acoustiques de l'éolienne.

Le tableau suivant, compte tenu des caractéristiques du vent et du site, présente le gabarit des aérogénérateurs envisagés.

Tableau 3 : Caractéristiques principales des aérogénérateurs Gabarit 82

	Gabarit 90
Diamètre du rotor	82 m
Hauteur au moyeu	84 m
Hauteur max. en bout de pale	126 m
Nacelle	72 t
Moyeu	21 t
Pale	6,7 t par unité – 41 m de long indivisibles

Le fournisseur qui sera retenu pour équiper le site n'étant pas arrêté à ce stade, les informations contenues dans les paragraphes suivants sont d'ordre générique et les équipements présentés sont ceux qui équipent en règle générale les éoliennes de ce gabarit.

*La présentation technique des machines est donc susceptible d'afficher de légers écarts avec les équipements qui seront effectivement mis en place. Ces écarts seront dans tous les cas mineurs et ne remettent pas en cause les analyses de risques et environnementales présentées dans les études. En cas d'écarts significatifs, le demandeur portera à connaissance du préfet la nature de ces derniers.*

## 1.2.2. COMPOSITION ET DIMENSIONS DES ÉOLIENNES

Une éolienne est composée des principaux éléments suivants :

- Un **rotor**, composé de trois pales et du moyeu (ou « nez ») de l'éolienne, fixé à la nacelle. Le rotor est entraîné par l'énergie du vent, il permet de transformer l'énergie cinétique<sup>3</sup> en énergie mécanique (rotation). Un système de captage de la foudre constitué d'un collecteur métallique associé à un câble électrique ou méplat situé à l'intérieur de la pale permet d'évacuer les courants de foudre vers le moyeu puis vers le mât, la fondation et enfin vers le sol.
- Une **nacelle** montée au sommet du mât, abritant la plus grande partie des composants permettant de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique, ainsi que l'automate permettant la régulation de l'éolienne. La nacelle a la capacité de pivoter à 360° pour présenter le rotor face au vent, quelle que soit sa direction.
- Un **mât** permet de placer le rotor à une hauteur suffisante pour lui permettre d'être entraîné par un vent plus fort et régulier qu'au niveau du sol. Il est généralement composé de 3 tubes s'imbriquant les uns dans les autres.
- Une **fondation** assure l'ancrage au sol de l'ensemble, elle comprend des ferraillements, un massif-béton et une virole (ou cage d'ancrage, il s'agit d'une pièce à l'interface entre la fondation et le mât). Ses dimensions sont calculées au cas par cas, en fonction de l'éolienne, des conditions météorologiques et de la nature du terrain d'implantation qualifiée lors des études géotechniques menées en amont de la construction du parc. Les fondations les plus massives sont employées pour porter de manière gravitaire les éoliennes dans des terrains « mous » (argile par exemple). Leur forme peut varier : massif circulaire ou carré. Un système constitué de tiges d'ancrage, disposé au centre du massif de fondation, permet la fixation de la bride inférieure de la tour. La fondation est composée de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2.

### 1.2.2.1. CARACTÉRISATION DU VENT GABARIT 82

- Fonctionnement pour des vitesses de vent comprises entre 3,5 et 25 m/s à hauteur de moyeu (12,6 à 90 km/h). Vitesse de vent nominale pour atteindre la pleine charge 12,5 m/s ou 45 km/h
- Vitesse en bout de pale jusqu'à 86 m/s ou 310 km/h
- Orientation automatique de la nacelle en fonction de la direction du vent (girouette sur le toit de la nacelle).
- Intégration automatique de la vitesse du vent (anémomètre sur le toit de la nacelle).

### 1.2.2.2. FONCTIONNEMENT RÉSULTANT

La nacelle s'oriente (Yaw Control) sous l'action de 6 moteurs électriques qui actionnent des pignons engrenés dans une grande couronne dentée montée sur le haut de la tour. Il s'agit d'un système à palier lisse à friction intégrée.

Les hélices sont à calage de pas variable (Pitch Control). Ainsi, l'orientation des pales est toujours optimale en cours de production : l'angle d'incidence du vent sur la pale dépend de la vitesse du vent et de la vitesse de rotation du rotor.

Les pales (résine époxy renforcée de fibre de verre) sont montées sur des roulements pour permettre le changement de leur calage via un système d'actionneurs hydrauliques.

La génératrice est de type asynchrone à double alimentation sur l'axe du rotor.

La tension de l'électricité produite à 1000 Volts est élevée à 33 000 Volts par un transformateur logé dans la nacelle.

La nacelle, renforcée de fibre de verre, est équipée d'instruments de mesures sur le toit (anémomètre, girouette ainsi que d'un balisage aérien).

La nacelle abrite une grue de service pour hisser les principaux composants.

L'éolienne est équipée d'un système de protection contre la foudre (mise à la terre de l'ensemble des composants sensibles).

<sup>3</sup> L'énergie cinétique est l'énergie créée par un mouvement.

L'éolienne est aussi équipée d'un système de freinage qui est exclusivement effectué de façon aérodynamique par inclinaison des pales en position drapeau. Un arrêt complet du rotor n'a lieu qu'à des fins de maintenance et en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence. Un frein d'arrêt supplémentaire se déclenche alors.

### 1.2.2.3. PRINCIPE DE CONSTRUCTION

Les pistes de dessertes sont créées ou améliorées pour supporter le trafic et le gabarit des engins de chantier et des véhicules de livraisons.

Les fondations en béton armé portent les éoliennes (Environ 560 m<sup>3</sup> pour des Gabarit 90 soit une soixantaine de camions-toupies par éolienne + 60 tonnes d'acier).

Les câbles sont enterrés le long des pistes (Aluminium – Triphasé – Sections 95 à 400mm<sup>2</sup> - Comparaison Habitation : 1.5 à 25 mm<sup>2</sup>).

Les éoliennes arriveraient par bateau à Sète.

Les éoliennes sont acheminées en pièces détachées via le réseau routier public puis les pistes de dessertes du site (Environ 12 camions par éolienne).

Les éoliennes sont érigées à l'aide de grues télescopiques pour minimiser l'impact au sol (2 à 3 jours par éolienne hors vent !...).

### 1.2.2.4. PRINCIPE DE PRODUCTION

Le vent fait tourner le rotor.

Un multiplicateur accélère la rotation de l'arbre rapide couplé à la génératrice qui génère un courant électrique alternatif.

La tension de l'électricité produite est élevée à 33 000 Volts (1 transformateur dans chaque nacelle d'éolienne).

Un réseau collecteur triphasé achemine l'énergie produite vers le poste de transformation 33 000 Volts/ 225 000 Volts.

2 transformateurs 55 MVA (Refroidissement Naturel) / 90 MVA (Refroidissement Forcé) ; Environ 100 t, 6 m de haut, 6 m de large.

Des bobines, des condensateurs et un statcom servent à compenser la puissance réactive pour satisfaire aux spécifications RTE/Enedis de qualité de courant

La production est évacuée vers le réseau électrique.

Un contrôle à distance du parc est effectué grâce au système de supervision à distance (SCADA) depuis le centre de conduite à Colombiers dans l'Hérault. Ce dernier est doté de technologies de pointe, visant à superviser et contrôler à distance les performances de l'ensemble des centrales supervisées en France et en Europe.

Les éoliennes et leurs équipements sont conçus pour durer au minimum 20 ans (sous réserve de maintenance régulière).

Le lien suivant permet d'accéder à une vidéo pédagogique expliquant le fonctionnement des éoliennes : <https://youtu.be/n53Vww4t7IE>

Parc éolien de Croix de Bor (48)

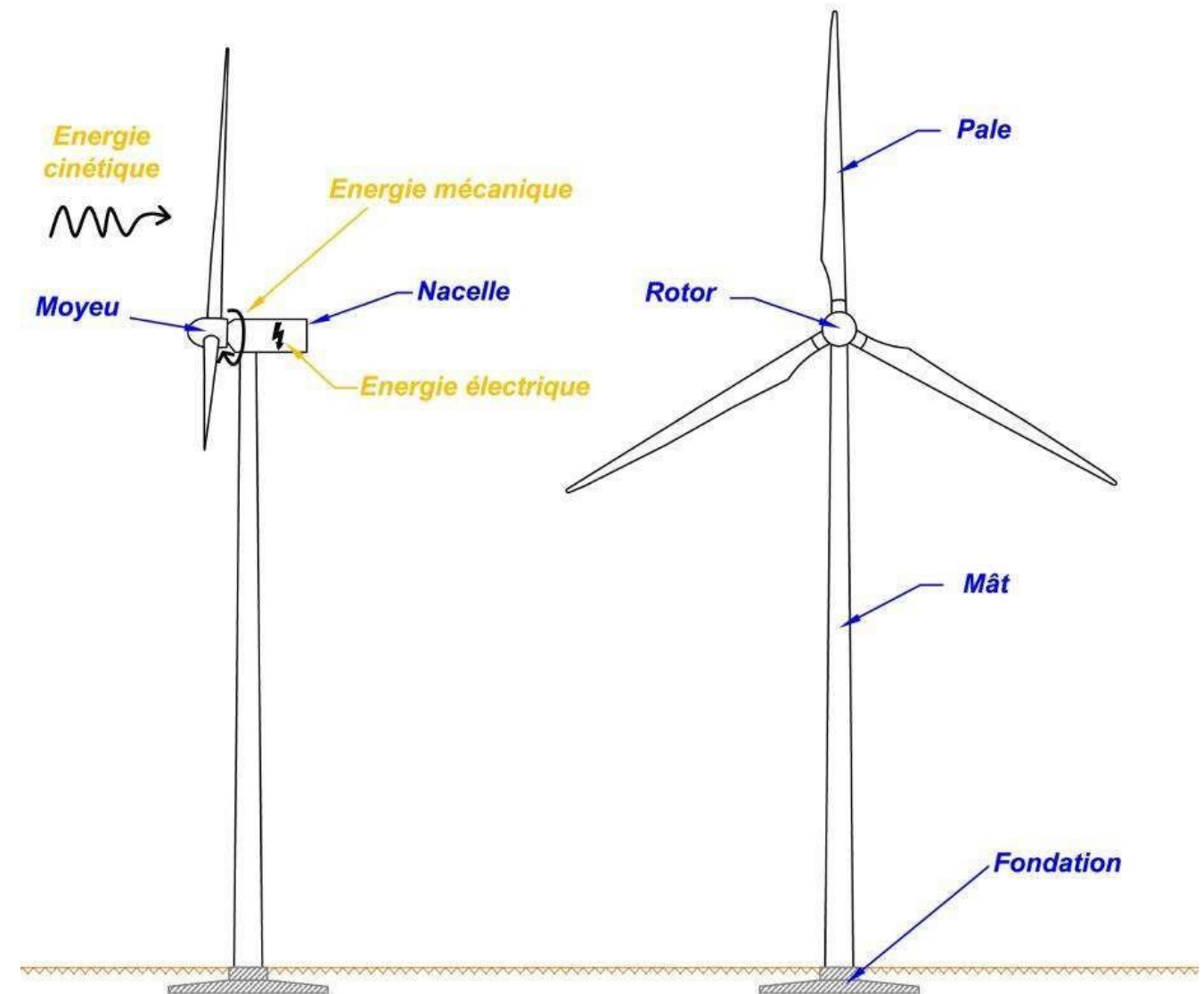
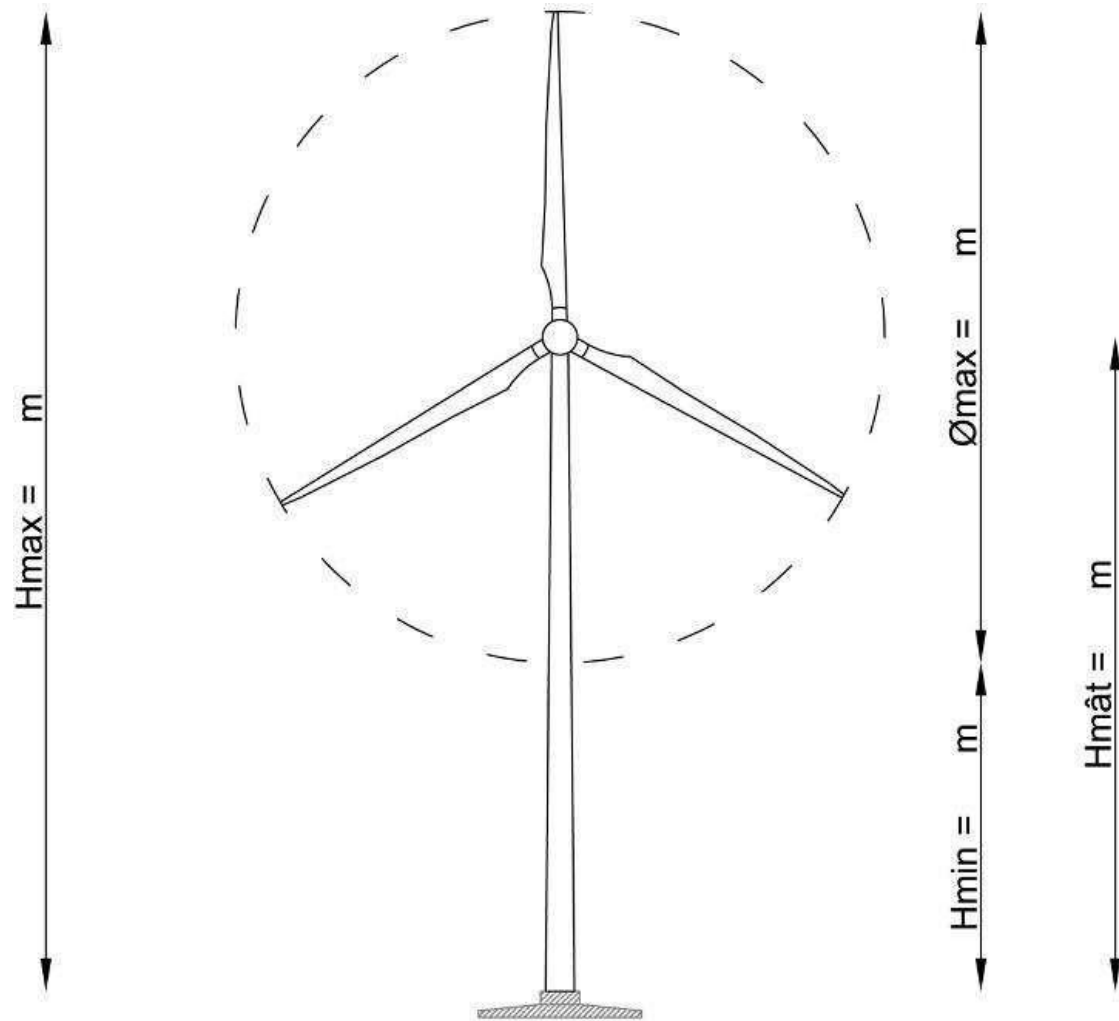
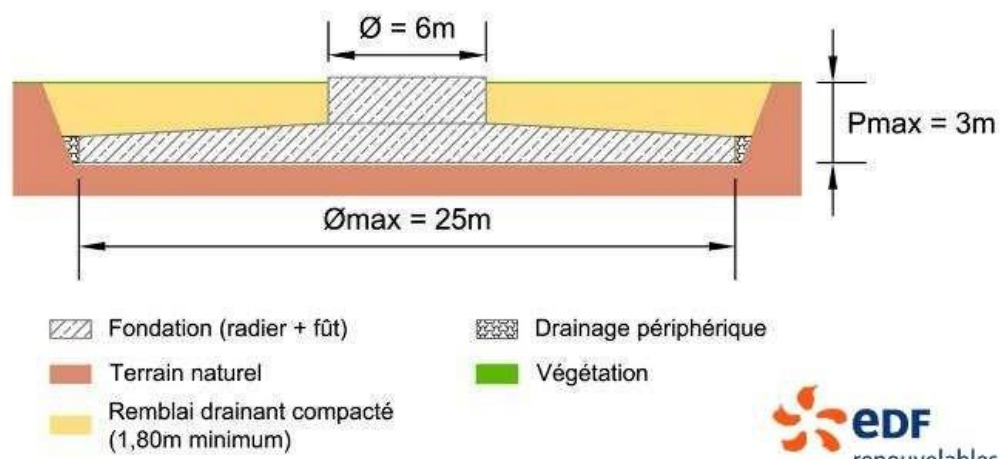


Figure 4 : Composition d'une éolienne et principe de fonctionnement

Figure 5 : Principe de dimensionnement d'une fondation d'une éolienne



Principe de dimensionnement d'une fondation



Élément	Composition	Matériaux usuels	Dimensions	Equipements internes
Rotor	3 pales	Fibre de verre renforcée et fibre de carbone	Poids une pale ~ 10 t Longueur une pale ~ 50 m	Système de captage de la foudre
	1 moyeu	Acier	Poids = ~ 20 t	Système de commande (processeurs)
Nacelle	Enveloppe de la nacelle	Fibre de verre	Poids ~ 60 à 80 t Dimensions : variable selon le design	Arbre de transmission Génératrice Multiplicateur Transformateur Convertisseur Onduleur Système de commande (processeurs) Armoire de commande (dont systèmes auxiliaires : moteurs, pompes, ventilateurs, appareils de chauffage) Câbles haute-tension Capteurs de vent
	Châssis	Structure métallique		
Mât	3-4 tours tubulaires creuses	Acier	Poids un tube ~ 30 à 60 t Longueur un tube ~ 30 m Diamètre au sol ~ 5 m	Câbles électriques et fibres optiques Echelle/ascenseur/monte-charge Système de commande (processeurs) Panneaux de contrôle de l'automatisme Parfois des éléments électriques de puissance (transformateurs ou convertisseurs) pour alléger la nacelle Câbles haute-tension
Fondation	Massif en forme carrée ou circulaire	Béton armé Ferrailles	Poids ~ 1 000 t Diamètre ~ 20 m Profondeur ~ 3-4 m	/

Tableau 4 : Composition d'une éolienne

### Fonctionnement d'une éolienne

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

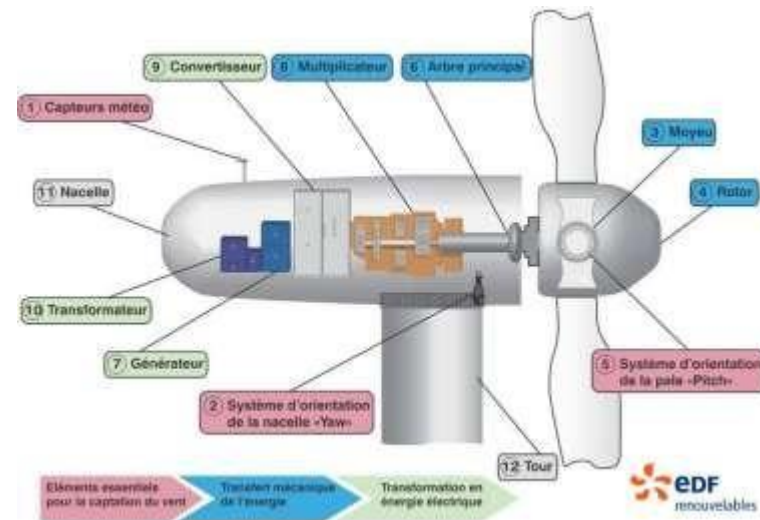


Figure 6 : Schéma descriptif du couple rotor/nacelle

#### - La transformation de l'énergie éolienne par les pales :

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

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

Les pales sont orientables. L'angle des pales est contrôlé par le **pitch (5)**<sup>4</sup> de l'éolienne de manière à réguler la vitesse de rotation et le couple (mouvement mécanique) transmis à l'**arbre principal (6)**.

#### - L'accélération du mouvement de rotation grâce au multiplicateur :

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

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

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

#### - La production d'électricité par le générateur :

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

Deux types de générateurs existent :

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

#### - Le traitement de l'électricité par le convertisseur et le transformateur :

Cette électricité ne peut pas être utilisée directement :

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

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

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

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

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

### Production d'électricité et régulation de la puissance du vent :

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

- **Lorsque le vent est inférieur à 12 km/h (3,5 m/s) environ**, l'éolienne est arrêtée car le vent est trop faible. Cela n'arrive que 15 à 20 % du temps selon les régions.
- **Entre 12 km/h (3,5 m/s) et 45 km/h (13 m/s) environ**, la totalité de l'énergie du vent récupérable est convertie en électricité, la production augmente très rapidement en fonction de la vitesse de vent<sup>5</sup>.
- **Entre 45 km/h (13 m/s) et 90 km/h (25 m/s) environ**, l'éolienne produit à pleine puissance (puissance nominale, ici 3 MW). A 45 km/h, le seuil de production maximum est atteint. Les pales se mettent à tourner sur elles-mêmes afin de réguler la production. La production reste constante et maximale jusqu'à une vitesse de vent de 90 km/h.
- **A partir de 90 km/h (25 m/s) environ**, l'éolienne est arrêtée progressivement pour des raisons de sécurité. Cela n'arrive que sur des sites très exposés, quelques heures par an, durant de fortes tempêtes. Lorsque le vent dépasse 90 km/h pendant plus de 100 secondes, les pales sont mises en drapeau (parallèles à la direction du vent). L'éolienne ne produit plus d'électricité. Le rotor tourne alors lentement en roue libre et la génératrice est déconnectée du réseau. Dès que la vitesse du vent redevient inférieure à 65 km/h pendant 10 minutes, l'éolienne se remet en production.

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

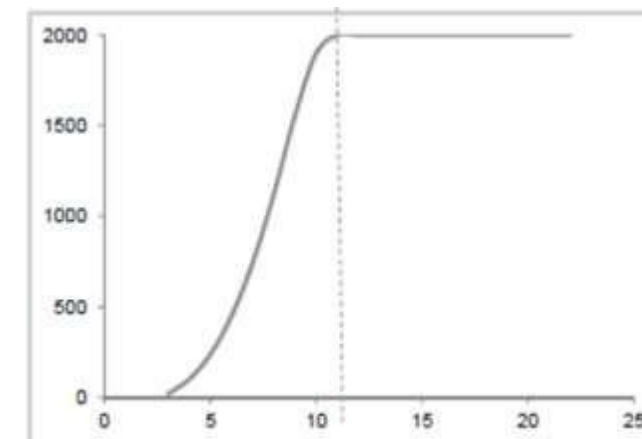


Figure 7 : Courbe de puissance d'une éolienne de 2000 kW  
(horizontal : vitesse de vent en m/s, vertical : puissance instantanée en kW)

<sup>4</sup> Pitch (automate) = système d'orientation de la pale.

<sup>5</sup> Formule de Betz : La puissance fournie par une éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent et au carré des dimensions du rotor.

### Respect des normes en vigueur :

L'éolienne répondra aux normes en vigueur notamment celles de l'arrêté du 26 août 2011 consolidé au 12 juin 2017 :

- Conformément à l'article 8, les éoliennes du projet répondront aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 (ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union Européenne). L'électricité est évacuée de l'éolienne puis elle est **délivrée directement sur le réseau électrique**.
- Conformément à l'article 9, l'installation sera **mise à la terre**. Les éoliennes respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010).
- Conformément à l'article 10, les **installations électriques** à l'intérieur des aérogénérateurs respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur seront conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009).

### Refroidissement et lubrification :

#### - Refroidissement :

Le refroidissement des composants principaux de la nacelle (multiplicateur, groupe hydraulique, convertisseur, générateur) peut se faire par un système de refroidissement à air ou un système de refroidissement à eau.

De même, tous les autres systèmes de production de chaleur sont équipés de ventilateurs ou de refroidisseurs mais ils sont considérés comme des contributeurs mineurs à la thermodynamique de la nacelle.

#### - Lubrification :

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

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

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

Pour le projet éolien, les différents liquides utilisés sont confinés dans l'éolienne afin **d'éviter les risques de fuite et de pollution externe**.

### Couleur et balisage des éoliennes :

Du fait de leur hauteur, les éoliennes peuvent constituer des obstacles à la navigation aérienne. Elles doivent donc être visibles et respecter les spécifications de la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile).

Le nouvel arrêté datant du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne a été publié au Journal Officiel le vendredi 4 mai 2018. Il abroge et remplace notamment l'arrêté du 13 novembre 2009 modifié relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques et l'arrêté du 7 décembre 2010 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

- Le texte (annexe II) fixe pour la première fois les règles de balisage des parcs éoliens en mer et modifie les règles applicables aux parcs éoliens terrestres. Il introduit une série de dispositions visant à diminuer la gêne des riverains des parcs éoliens terrestres. Parmi celles-ci se trouve notamment la possibilité d'introduire, pour certaines éoliennes au sein d'un parc, un balisage fixe ou un balisage à éclat de moindre intensité, de baliser uniquement la périphérie des parcs éoliens de jour ainsi que la synchronisation obligatoire des éclats des feux de balisage.
- L'arrêté entrera en vigueur le 1er février 2019. A partir de cette date, toutes les nouvelles installations doivent s'y conformer. Pour des parcs existants, un *retrofit* n'est demandé qu'en cas d'un remplacement d'au moins la moitié des éoliennes
- **Couleur** : La couleur des éoliennes est limitée au domaine **blanc** dont les quantités calorimétriques répondent à l'arrêté du 13 novembre 2009 (facteur de luminance supérieur ou égal à 0,4). Cette couleur est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne.
- **Balisage** : tous les aérogénérateurs d'une hauteur inférieure à 150 m doivent être équipés :

- d'un balisage **diurne** : feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 cd),
- d'un balisage **nocturne** : feux d'obstacle de moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd).

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

Les feux de balisage font l'objet d'un certificat de conformité, délivré par le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC) de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes. Le STAC se chargera de les synchroniser.

### 1.2.3. LE RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

Le raccordement électrique du site du projet se décompose en deux parties distinctes : réseau interne et réseau public externe.

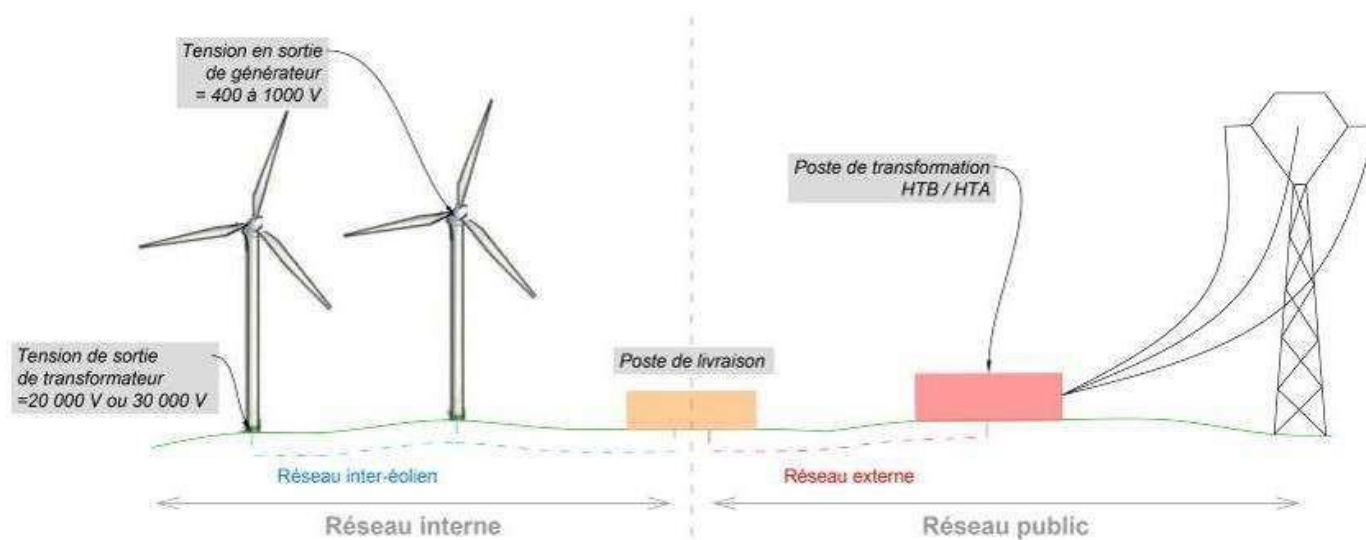


Figure 8 : Principe du raccordement électrique d'une installation éolienne

#### 1.2.3.1. RÉSEAU INTERNE

Le raccordement électrique interne au parc éolien jusqu'au poste de livraison :

- Ce réseau inter-éolien appartient au site de production et est géré par l'exploitant du site.
- Ces réseaux sont constitués de 3 câbles torsadés d'une tension de 20 000 V (ou 33 000 V). Ils sont systématiquement enterrés à 0,80 m de profondeur (selon les prescriptions de la norme C13-200).

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

Le point de livraison (ou poste de livraison) fait partie intégrante du réseau intérieur au site. Il sert de frontière avec le réseau de distribution publique (ENEDIS /Entreprise Locale de distribution ELD) ou de transport externe (RTE).

Un poste de livraison est composé de 2 ensembles :

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

Un poste de livraison standard permet de raccorder une puissance jusqu'à 12 MW (jusqu'à 17 MW par dérogation) au réseau électrique.

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

Le câblage des éoliennes jusqu'au poste de livraison correspond au réseau électrique interne. Il se fera en souterrain en longeant majoritairement les chemins d'accès ou, le cas échéant, les chemins de vigne non empruntés par ces derniers. Les tranchées destinées à l'enfouissement des lignes électriques et téléphoniques entre les éoliennes seront d'une profondeur de 1,20 mètre et larges de 20 à 80cm. Les câbles seront posés à 1 m de profondeur et recouverts d'une couche de sable et d'un grillage avertisseur.

En parallèle avec la pose des câbles il sera mis en place un réseau de fibre optique afin de permettre la surveillance et le contrôle du parc éolien.

Des forages dirigés seront réalisés afin de n'avoir aucun impact sur la continuité hydraulique du territoire d'implantation.

Le câblage du poste de livraison au poste source correspond au réseau électrique externe. Le raccordement au réseau électrique externe sera réalisé en liaison directe souterraine avec le poste de livraison

**L'étude d'impact prend en compte le raccordement électrique inter-éolien ainsi que le point de livraison dans son évaluation des incidences.**

#### 1.2.3.2. RÉSEAU EXTERNE

Le raccordement électrique externe au parc éolien jusqu'au :

- Réseau de distribution publique. Cet ouvrage est intégrée à la concession locale de distribution d'électricité gérée par ENEDIS ou une entreprise locale de distribution (ELD) ;
- Réseau de transport d'électricité. Cet ouvrage est intégré au réseau national de transport géré par RTE.

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison au réseau public de distribution ou de transport d'électricité. Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (ENEDIS / ELD ou RTE).



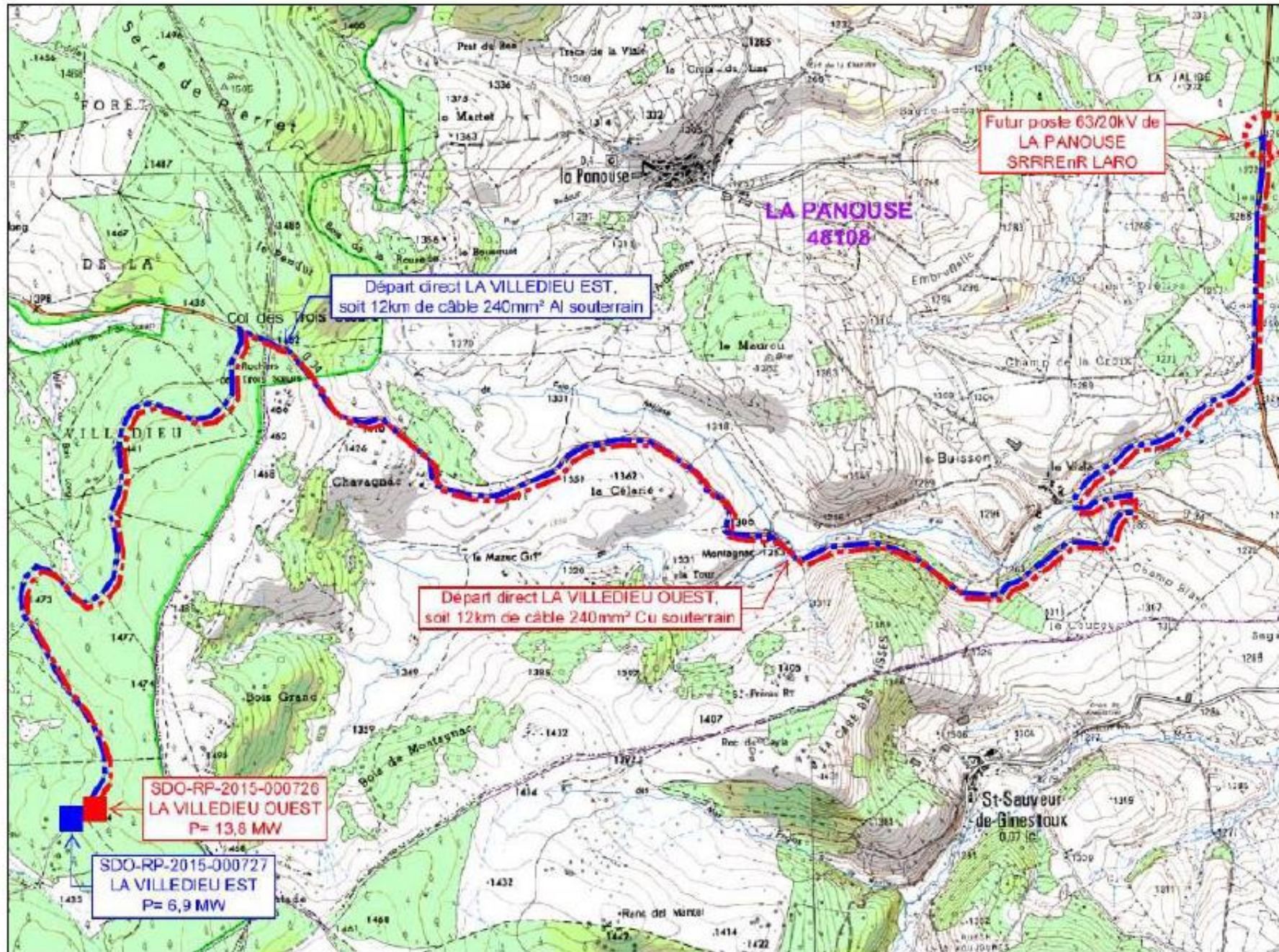
**Le réseau électrique externe relie le poste de livraison au réseau public de distribution. Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (ENEDIS ou RTE)**

**Il est envisagé de raccorder le parc éolien au poste source de La Panouse, poste à créer, distant d'environ 12 km du projet**

**Le tracé définitif du raccordement au réseau ne peut être connu qu'à l'issue de l'obtention de l'ensemble des autorisations administratives du projet (voir procédures de raccordement ENEDIS/RTE<sup>6</sup>). Toutefois, la présente étude d'impact doit considérer ce raccordement comme faisant partie du « projet » envisagé (article L.122-2 du Code de l'Environnement). De ce fait, l'ensemble des effets sur l'environnement sera étudié dans la présente étude d'impact. Les impacts liés au raccordement seront évalués sommairement.**

<sup>6</sup> [http://clients.rte-france.com/lang/fr/clients\\_producteurs/mediatheque\\_client/dtr.jsp](http://clients.rte-france.com/lang/fr/clients_producteurs/mediatheque_client/dtr.jsp)

5 Solution de raccordement – Résultats des études  
5.1 Tracé prévisionnel de la solution de raccordement



© Copyright ERDF 2015

ELECTRICITE RESEAU DISTRIBUION FRANCE  
POLE GRANDS PRODUCTEURS SUD OUEST  
ACI : A001 - MAR - BP 20301 - 31003 TOULOUSE CEDEX 06  
E-MAIL : ERDF-AREPROD.SUP36.SUD.OUEST@ERDFDISTRIBUION.FR  
TEL : 09 69 32 37 04 - FAX : 05 34 49 91 20

www.erdf.fr  
SA à direction et à conseil de surveillance  
au capital de 270 027 000 euros -  
R.C.S. de Nantes 444 000 042  
\* est certifié ISO 14001 pour l'entretien

Figure 9 : Raccordement inter-éolien,



## 1.2.4. L'ACCÈS AU SITE ET AUX ÉOLIENNES

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

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

L'ensemble des composants des éoliennes arriveraient par bateau au port de Sète (34).

Les éoliennes sont acheminées en pièces détachées via le réseau routier public puis les pistes de desserte du site (Environ 12 camions par éolienne).

Des autorisations de transports devront être demandées auprès des DDT concernées, (départements 34/12/48) pour emprunter ces routes, en vue de la délivrance d'arrêtés préfectoraux.

Les gestionnaires de voiries, impliqués par les itinéraires des convois, devront être consultés et accorder le passage des convois pour la délivrance de ces arrêtés.

### TRANSPORT DES ÉOLIENNES

Concernant l'encombrement, ce sont les pales d'environ 45 m de long qui représentent la plus grosse contrainte. Leur transport est réalisé par convoi exceptionnel à l'aide de camions adaptés (tracteur et semi-remorque).



Figure 10 : Transport d'une pale

Lors du transport des aérogénérateurs, le poids maximal à supporter est celui du transport des nacelles qui peuvent peser entre 60 et 80 t. Le poids total du véhicule chargé avec la nacelle est d'environ 100 à 120 t. La charge de ce véhicule sera portée par 12 essieux, avec une charge d'environ 12 t/essieu.



Figure 11 : Transport d'une nacelle

Les différentes sections du mât sont généralement transportées à l'aide de semi-remorque à 8 essieux. La longueur totale de l'ensemble et son poids sont variables selon la section transportée.



Figure 12 : Transport d'un mât

### 1.2.4.1. ACCÈS AU SITE

La desserte routière inter-éolienne s'appuie préférentiellement sur le réseau de voiries et de chemins existants afin d'éviter et de minimiser au maximum les effets environnementaux du projet.

Les éoliennes seront donc acheminées selon les principales voies d'accès au plateau. Les pistes de desserte suivront ensuite les chemins communaux existants et les chemins d'exploitation.

Les virages les plus importants seront choisis en concertation avec les propriétaires afin de préserver la valeur des exploitations agricoles ou, le cas échéant, la valeur écologique d'un milieu.

Les pistes d'accès devront néanmoins respecter certaines contraintes techniques :

- **être planes**, avec de faibles pentes :
  - o pour des pentes jusqu'à **7 %**, une couche de GNT7 ou GRH8 sera déposée en plusieurs couches compactées (sur géotextile si besoin en fonction de la nature du sol) ;
  - o pour des pentes supérieures comprises entre **7 et 12 %** (pente maximale admissible), un traitement ciment ou béton ou enrobé sera effectué pour permettre une portance suffisante des chemins.
- avoir des accotements dégagés d'obstacles (absence de bâtis, réseaux aériens...), la largeur des pistes sera de 4 m à 6 m utiles ;

Le parc éolien est accessible via le réseau Départemental et National Pour les L'accès au site de éolien de Croix de Bor se fera à partir de la RD 34, au niveau du Col des 3 sœurs, par le biais d'un chemin forestier de 24 518 m<sup>2</sup>. ce chemin est le principal dans le secteur, il dessert le sommet du Ranc du Recousse. Cette piste est en grande partie praticable pour le transport des éoliennes.

Au bout de ce chemin, une piste d'accès de 10 834 m<sup>2</sup> sera créée pour accéder aux éoliennes (cf carte page suivante).



Figure 13 : Entrée sur site

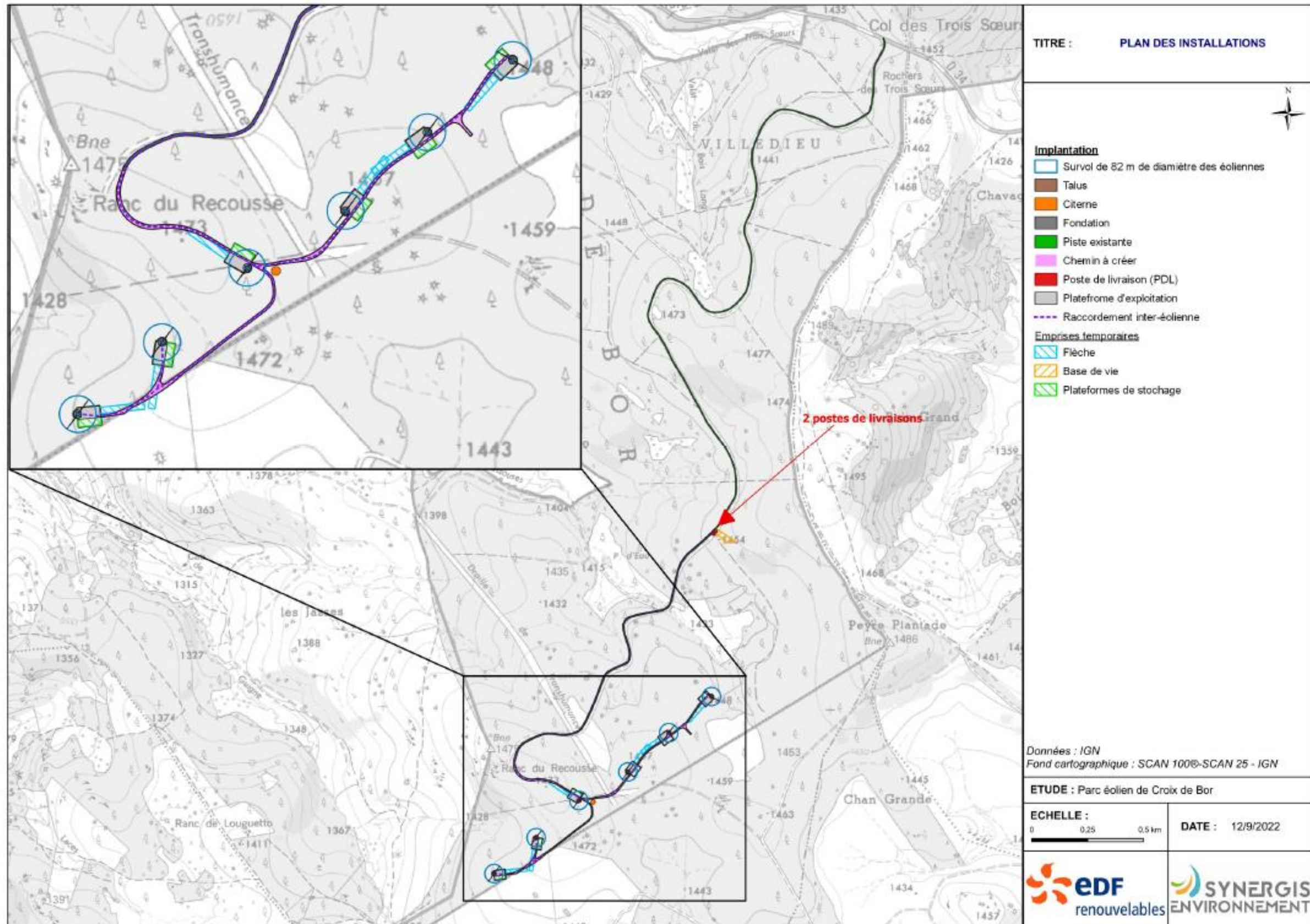


Figure 14 : Plan des accès

## 1.2.5. EQUIPEMENTS CONNEXES

### 1.2.5.1. MISE EN PLACE D'UNE CITERNE POUR LA DÉFENSE INCENDIE

En s'appuyant sur la consultation ci-contre, la SSP Energie de la Croix de Bor mettra en place les mesures ci-dessous pour la prise en compte du risque incendie:

- Une citerne de 30m<sup>3</sup> métallique
- Une plateforme d'utilisation offrant une superficie suffisante pour permettre la circulation des engins de secours et la manipulation du matériel ;

Cette mise en place sera accompagnée d'actions de débroussaillage. S'entend par débroussaillage, les opérations de réduction des combustibles végétaux de toute nature dans le but de diminuer l'intensité et de limiter la propagation des incendies. Ces opérations assurent une rupture suffisante de la continuité du couvert végétal. Le débroussaillage et le maintien en état débroussaillé doivent être pratiqués de manière sélective et intégrer des objectifs paysagers. Les travaux consistent à :

- Entretenir la végétation herbacée,
- Couper et éliminer les arbustes morts ou dépérissant et les arbres morts ou dépérissant,
- Eliminer les rémanents de coupe.

En termes de « facteurs de probabilité d'éclosion », l'exploitation courante des parcs d'éolien n'a que peu d'incidence. Compte tenu des paramètres techniques, on peut considérer que le risque d'amorçage inhérent aux installations est quasi nul et le réseau de raccordement enterré est non propice aux départs d'incendies.



Figure 15 : Exemple de réserve d'eau pour lutter contre l'incendie

Service Départemental  
d'Incendie et de Secours



Corps Départemental  
de Sapeurs-Pompiers  
N° 21267 /DD SIS/JA  
Affaire suivie par Commandant ANSALDI  
☎ : 04 66 65 68 13

République Française

Mende, le 13 septembre 2021

Objet : Sécurité contre l'incendie.  
Ref : Votre transmission du 23 août 2021

Madame,

Par transmission rappelée en référence, vous avez interrogé mes services sur les éventuelles prescriptions que nous émettrions pour un projet éolien sur la commune des Monts de Randon.

J'ai l'honneur de vous informer que cette réalisation, qui concerne la mise en place d'éoliennes réparties sur une zone boisée appelle de notre part les prescriptions suivantes:

- Desservir les éoliennes par des voies de 5 mètres de large,
- Aménager des réserves d'eau de 30m<sup>3</sup> accessibles et utilisables en tout temps par les sapeurs pompiers à raison d'une réserve par ligne de crête,
- Débroussailler dans un rayon de 50 m autour des éoliennes,
- Déboiser dans un rayon de 8 m autour des éoliennes.

Je vous prie d'agréer, Madame, l'assurance de mes sentiments distingués.

Le responsable du service Prévision

Commandant Jérôme AnsalDI

Madame MOLLANDIN  
Arkolia Énergie

### 1.3. DESCRIPTION DES PHASES OPÉRATIONNELLES DU PROJET

#### 1.3.1. CONSTRUCTION DU PARC ÉOLIEN

##### 1.3.1.1. PHASAGE DES TRAVAUX

La construction d'un parc éolien implique la réalisation de travaux faisant appel à différentes spécialités :

- Les entreprises de VRD<sup>9</sup> pour la réalisation des accès (pistes, plateformes, gestion des réseaux divers) ;
- Les entreprises de Génie Civil et Travaux Publics pour les fondations (excavation, ferrailage, coulage du béton) ;
- Les entreprises des métiers de l'électricité pour la réalisation des réseaux internes, des postes de livraison et des raccordements ;
- Les entreprises spécialistes du transport et du levage pour le levage des éoliennes.

Le chantier s'étendra sur une période d'environ 12 mois (12 à 24 mois en considérant les restrictions environnementales). Plusieurs phases se succèdent depuis la préparation du chantier à la mise en service du parc éolien.

Tableau 5 : Phasage du chantier de construction

Principaux types de travaux		Période
Préparation du chantier - VRD	Débroussaillage	6 semaines
	Installations temporaires de chantier (base vie...) et installation de la signalétique	3 semaines
	Terrassement/nivellement des accès et des aires de chantier (éoliennes, plateformes)	8 semaines
Réalisation des pistes d'accès et des plateformes		
Réalisation des fondations	Excavation	12 semaines
	Mise en place du ferrailage de la fondation	
	Coulage du béton (dont un mois de séchage)	
Levage des éoliennes	Ancrage de la virole de pied du mât	14 semaines
	Montage de la grue sur la plateforme	
	Acheminement et stockage des éléments de l'éolienne sur/autour de la plateforme	
Raccordement électrique	Montages des différents éléments (sections de mât, nacelle, pales)	10 semaines
	Creusement des tranchées et pose des câbles électriques	
	Installation des 2 postes de livraison HTA	
	Raccordements électriques Tests de mise en service	6 semaines

La réalisation des travaux les plus lourds peut engendrer des effets préjudiciables pour de nombreuses espèces animales, notamment en période de reproduction (plus forte territorialité et vulnérabilité des jeunes) et d'hivernage (activités moindres à nulles, léthargie de nombreuses espèces).

En lien avec les caractéristiques des milieux présents et les cortèges d'espèces recensés, des atteintes directes à des spécimens d'espèces protégées sont prévisibles quelle que soit la période de travaux. Toutefois, en complément d'un choix d'implantation évitant les principales zones d'intérêt écologique, des adaptations de planning, ciblant spécifiquement certaines phases de travaux et certains groupes d'espèces permettent d'éviter les risques de destructions directes d'individus.

Pour Croix de Bor,, le tableau suivant illustre les périodes à éviter pour les travaux :

Tableau 6 : Calendrier des travaux adapté au cycle biologique des espèces patrimoniales et sensibles observées sur le site

	CALENDRIER TRAVAUX												Année	
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
Avifaune nicheuse diurne														
Avifaune nicheuse nocturne														
Chiroptères														
Amphibiens														
Reptiles														
Entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée														
Mammifères terrestres														
Phase de travaux à privilégier									Phase 1 : Opération de défrichage		Phase 2 : Opération de génie civil et installation des éoliennes		M	
	Phase 2 : Opération de génie civil et installation des éoliennes												M+L	

■ Période optimale pour les travaux  
■ Période favorable pour les travaux  
■ Période à éviter  
■ Période à éviter pour la phase de défrichage

**Vert** : période favorable aux travaux ; **orange** : période sensible mais non restrictive pour les travaux, soumise à validation par un écologue ; **rouge** : période sensible à éviter pour les travaux. Le chantier s'étendra sur une période d'environ 12 mois. Plusieurs phases se succéderont depuis la préparation du chantier jusqu'à la mise en service du parc éolien.

- Etape 1 : Travaux de mise à nu du substrat : réalisation des pistes d'accès au site, débroussaillage, nivellement (déblais/remblais) des plates-formes des éoliennes. Ces travaux sont généralement les plus impactant pour la faune et la flore.

- Etape 2 : Travaux sur les zones déjà « traitées » : nivellement / terrassement des pistes (apports de matériaux ou revêtements spécifiques), fondations des éoliennes (de l'excavation jusqu'au remblaiement des fondations, réalisation des tranchées de raccordement et pose des câbles). Ces travaux sont peu impactant pour la faune puisqu'ils sont réalisés en lieu et place de zones déjà rendues temporairement défavorables à la faune et la flore.

- Etape 3 : Travaux de levage, montage des éoliennes et démantèlement : travaux non impactant au sol, mais générant de possibles perturbations visuelles en raison des engins importants utilisés, des grues et des éléments des éoliennes.

- Travaux de débroussaillage et d'entretien liés au risque incendie : Pour le site, ces travaux ne doivent pas être réalisés en pleine période de reproduction des oiseaux, des reptiles et des insectes. La période hivernale, de novembre à fin février est la plus adaptée pour ces travaux.

Compte-tenu des périodes de sensibilité définies précédemment, un calendrier des travaux adapté au cycle biologique des espèces patrimoniales et sensibles observées sur le site du projet a été défini. Ce calendrier permettra un enchaînement logistique du chantier adapté à l'avancement de la reproduction des espèces (période et localisation du début des travaux selon la phénologie des espèces) afin d'éviter les risques de destruction d'individus et de perturbation des reproductions.

Ainsi, les travaux de mise à nu du substrat (Etape 1) seront réalisés en dehors des périodes de sensibilité forte présentées précédemment. Il en ira de même pour les travaux de l'étape 3 (montage/levage des éoliennes).

Il s'agira ensuite de poursuivre les travaux sur les emprises traitées de manière concomitante, y compris durant les périodes de sensibilités fortes, afin notamment d'éviter que de nouvelles espèces puissent se réinstaller sur les zones de travaux (Etape 2). En effet, les milieux concernés par les travaux auront d'ores-et-déjà été rendus défavorables à la présence d'espèces floristiques et faunistiques (notamment pour nicher ou gîter) durant la première phase.



Figure 16 : Phases de travaux de construction d'un parc éolien

### 1.3.1.2. EMPRISES AU SOL

Au-delà de l'emprise au sol des éoliennes, des plates-formes de levage seront aménagées. Celles-ci seront conservées pendant l'exploitation de l'installation afin de pouvoir intervenir sur les éoliennes (maintenance, intervention éventuelle de secours).

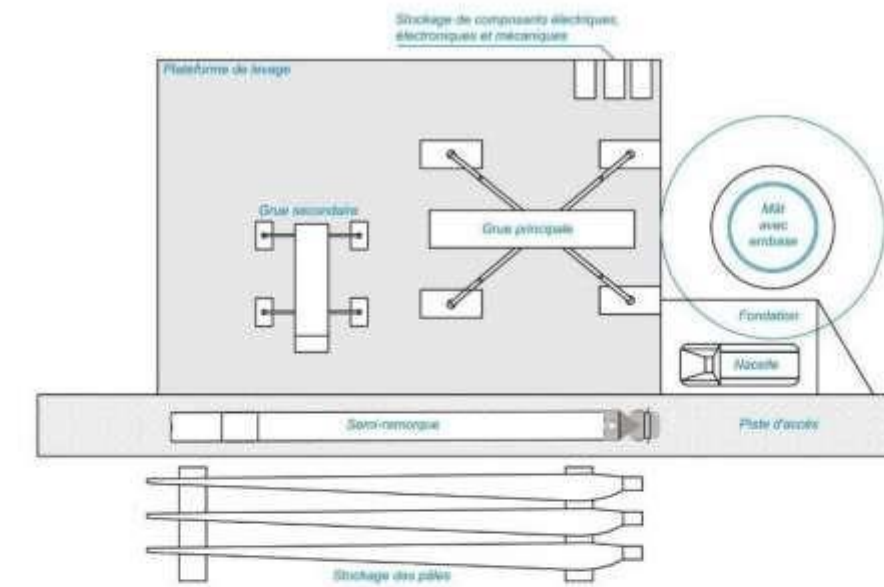
Les aires de stockage de chantier et les plateformes de levage pour les postes de livraison et la citerne seront quant à elles temporaires et seront retirées à la fin des travaux.

Les pistes de chantier sont réduites en phase d'exploitation.

Tableau 7 : Emprises au sol du projet

	Nombre / linéaire	Surface des emprises temporaires	Surface des emprises définitives
<b>Socle des éoliennes</b>	1 par éolienne	~ 1520 m <sup>2</sup> / éolienne (fondation et accotements, incluant les déblais stockés en périphérie de fondation)	~ 14 m <sup>2</sup> / éolienne (fût de l'éolienne)
<b>Poste de livraison</b>	2	0 m <sup>2</sup>	# 60 m <sup>2</sup>
<b>Pistes à Créer</b>	1 725 m	0 m <sup>2</sup>	8 625 m <sup>2</sup>
<b>Aires de levage / maintenance</b>	1 par éolienne	0 m <sup>2</sup>	~ 1 500 m <sup>2</sup> / éolienne
<b>Plateforme de levage pour postes de livraison</b>	2	193,86 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
<b>Aires de stockage</b>	7	5 930 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
<b>Citerne DFCI</b>	1	0 m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup>
<b>Base de vie</b>	1	~ 2000 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>

a) Phase travaux :



b) Phase exploitation :

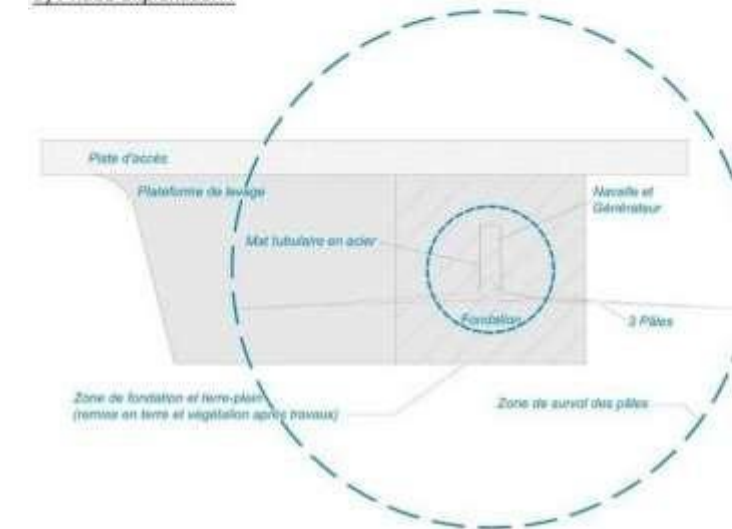


Figure 17 : Schéma de principe d'un aménagement d'une plateforme de levage

La faible emprise au sol, surtout en phase de fonctionnement des éoliennes, ainsi que l'implantation dans un milieu homogène implique des incidences faibles tant sur l'activité de viticulture que sur les sols, les sous-sols et les habitats naturels

### 1.3.1.3. MODALITÉS DE RÉALISATION DES TRAVAUX

#### Débroussaillage

Il est envisagé un débroussaillage sur 6 ha en phase exploitation.

#### Installations temporaires de chantier et signalétique :

L'ensemble des installations temporaires ne sont utiles que lors du chantier et sont systématiquement démontées et le terrain remis en état à la fin du chantier.

##### - Base vie :

Un secteur appelé « base vie » est systématiquement installé sur site ou à proximité pour servir de base administrative et technique au chantier. Des préfabriqués sont installés pour abriter une salle de réunion, quelques bureaux, des vestiaires etc. Une zone de stationnement est également aménagée pour permettre aussi aux intervenants de garer leurs véhicules. Lorsqu'il n'est pas possible de connecter cette base vie aux réseaux d'eau et d'électricité, celle-ci est équipée d'un groupe électrogène et de toilettes reliées à une cuve de récupération des eaux usées régulièrement vidée tout au long du chantier et conformément à la réglementation en vigueur.

La base de vie sera mis en place afin d'abriter une installation provisoire de chantier comprenant un bureau et une salle de réunion équipée. Les installations légales d'accueil des salariés sur chantier seront à la disposition des entreprises (sanitaires, réfectoire,...). Elles auront la possibilité d'installer leurs propres équipements et disposeront de place suffisante afin de pouvoir organiser leurs stockages.

Des containers pour le tri et le stockage des déchets du chantier seront mis en place sur cette zone.

En fin de chantier cette aire sera réhabilitée



Photographie 1 : Installation de la base-vie (Source : EDF Renouvelables)

##### - Zone de stockage :

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



Photographie 2 : Stockage d'un rotor sur une plate-forme

Source : EDF Renouvelables

##### - Signalétique :

La signalétique sera installée. Il peut s'agir de : limitation de vitesse, panneaux d'orientation sur le chantier, mise en défens de zones sensibles (préservation de l'environnement)...



Photographie 3 : Signalétique et balisage

Source : EDF Renouvelables

#### Réalisation des pistes et fondations

##### Les pistes

Les pistes existantes seront conservées et aménagées suivant les plateformes attendus par le transporteur des éoliennes.

Dans le cas où les accès aux futures éoliennes n'existent pas, les pistes devront être réalisées suivant les caractéristiques énoncés ci-dessous.

##### - Profil en long :

La ligne de référence choisie pour définir le profil en long de la chaussée nouvelle est prise au niveau de l'axe de piste terminée.

##### - Profil en travers type :

Les profils en travers type sur la piste et les plateformes seront respectivement de 2,5% et 1,5% afin de garantir l'écoulement des eaux.

Des dispositions seront prises afin de ne pas gêner l'écoulement des eaux par le stockage des déblais sur le bord de la piste et garantir l'évacuation des eaux de ruissellement.

##### - Performances attendues :

Elles seront conformes aux spécifications du fournisseur d'éolienne, (Pistes d'accès et aires de grutage) et récapitulées ci-dessous (sous réserve de validation) :

Dimensions :

- Largeur utile de chaussée :	≥ 4 m / ≥ 5,50 m
- Largeur exempte d'obstacle :	≥ 6,00 m
- Hauteur exempte d'obstacle :	≥ 4,70 m
- Rayon extérieur des courbes :	≥ 28 m
- Pente en long (surface bétonnée) :	7% < i ≤ 12%
- Pente en long (GNT) :	i ≤ 7%
- Garde au sol :	0,15 m
- Pente transversale (voirie/aire de grutage) :	2,5 % / 1,5%

L'emploi d'un géotextile de protection est rendu obligatoire afin d'éviter les contaminations en présence de poches argileuses.

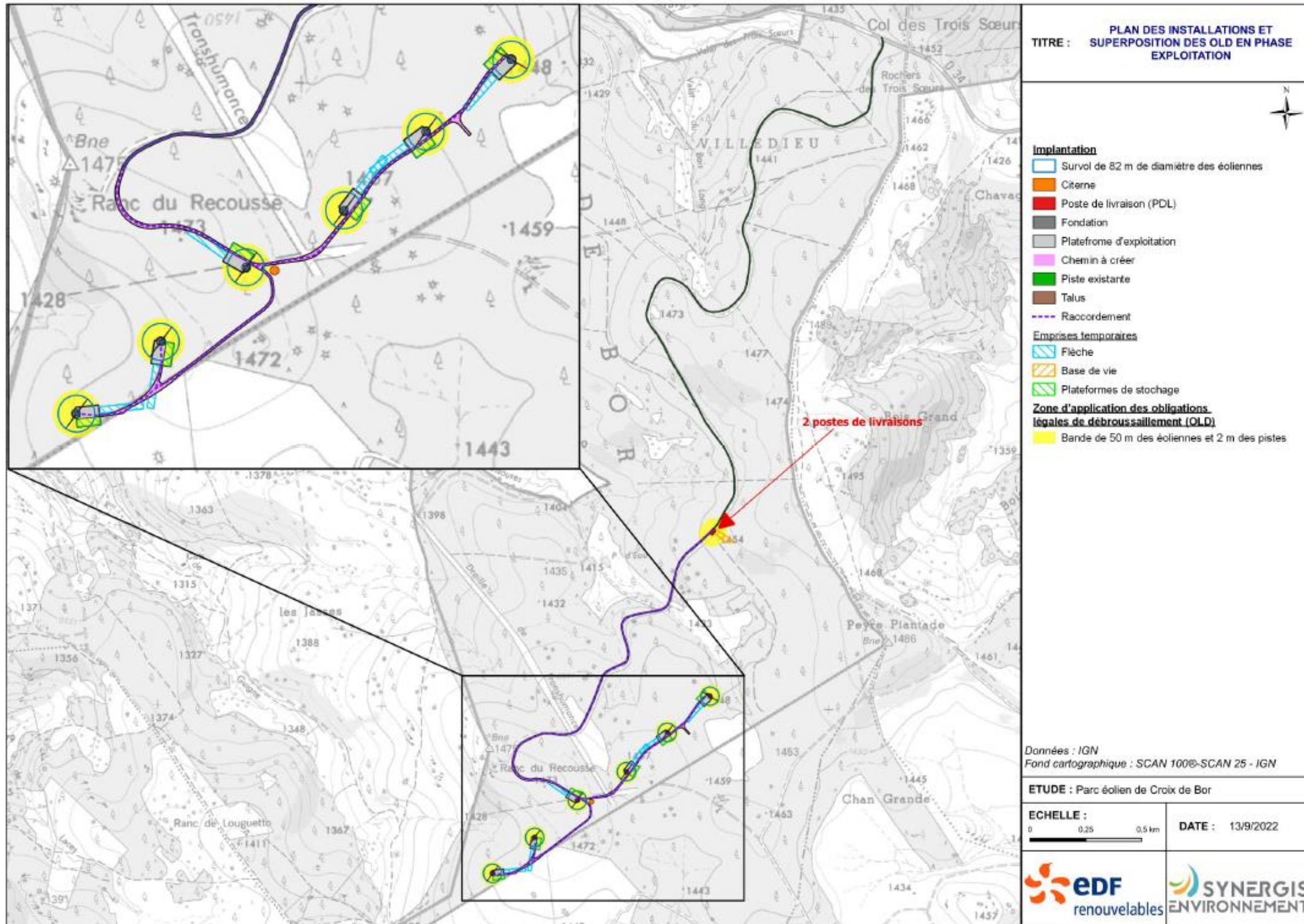


Figure 18 : Surfaces à débroussailler en phase exploitation



## Les fondations

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

Une pelle-mécanique interviendra dans un premier temps afin d'**excaver** le sol sur un volume déterminé. Les fondations seront creusées sur une profondeur de 3 m et sur la largeur de la fondation augmentées de quelques mètres pour permettre aux équipes de poser le ferrailage. Les terres excavées seront triées suivant leur nature (terres à remblais, pierre) pour être soit réutilisées sur site lors de la finition du chantier soit évacuées et revalorisées dans les filières appropriées. Puis des opérateurs mettront en place un **ferrailage** et une **virole** (ou cage d'ancrage, il s'agit d'une pièce d'interface entre la fondation et le mat qui sera boulonné).

Enfin, des camions-toupies déverseront les volumes de **béton** nécessaires. Pour une fondation, 600 m<sup>3</sup> de béton sera coulé en continu dans un temps très court (de l'ordre d'une journée) et un temps de **séchage** d'un mois environ est nécessaire avant de poursuivre le montage de l'éolienne. Les fondations seront contrôlées par un **organisme vérificateur** avant le levage de l'éolienne.

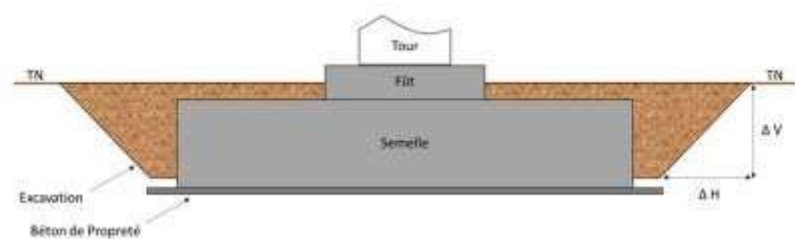
Le béton étant considéré comme inerte (aucune pollution n'est donc possible envers le sol et les eaux souterraines) il est directement recouvert de remblais, la partie inférieure de la fondation étant elle posée sur une couche de quelques centimètres de **béton de propreté** (béton à faibles caractéristiques mécaniques non ferrailé). Celui-ci protège le sol des intempéries et permet de travailler « au propre ». Il évite également le contact de la terre avec le béton de fondation.

Cependant en fonction des études géotechniques qui seront réalisées avant les travaux, des protections pourront le cas échéant être installées/nécessaires (géotextile, etc.).

Une fois les fondations béton posées, en tant que matériaux inertes, aucune pollution de l'environnement n'est à prévoir car il s'agit d'un matériau qui ne « *subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, [...] ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine* » (article R.541-8 du code de l'environnement).

Et pour les fondations et emprises, on peut considérer les dimensions suivantes :

- Massif : 600m<sup>3</sup>
- Diamètre extérieur du massif : 24 m
- Excavation sous T/N : 3 m
- Diamètre au fond de l'excavation (Hyp. 1,5m autour du coffrage) :  $24 + 3 = 27$  m
- Diamètre en haut de l'excavation (Hyp. Talus 3/2) :  $27 + 2 \times 4,5$  m = 36 m
- Diamètre occupé en phase travaux, incluant les déblais stockés en périphérie de fondation :  $36 + 2 \times 4 = 44$  m
- Diamètre d'emprise au sol en phase exploitation :
  - o Mât seul : Diamètre environ 4,2 m pour un gabarit 90.
  - o Mât + Béton du fût au-dessus du T/N (voir dessin) : Diamètre environ 6 m
  - o Zone de circulation pour accès et maintenance sous le survol de la nacelle : Diamètre environ 15 m



Photographie 4 : Massif béton terminé (à gauche), état final après remblaiement (à droite)

Source : EDF Renouvelables

Des études géotechniques seront réalisées également avant les travaux afin de déterminer les caractéristiques structurales précises du futur tracé pour permettre aux différents engins de chantier de circuler en toute sécurité.



Photographie 5 : Pose d'un géotextile (à gauche), état final d'une plate-forme (à droite)

Source : EDF Renouvelables

## Levage des éoliennes :

### - Le stockage des éléments des éoliennes :

Les composants des éoliennes (mât, nacelles, pales, ...) seront acheminés sur le site par camion. Pour des raisons d'organisation chacun des éléments constituant une éolienne sera déchargé près de chacune des fondations. De grandes précautions seront prises afin d'éviter toute contrainte durant le déchargement. Le stockage des éléments sera de courte durée afin d'éviter toute détérioration.

### - L'installation des éoliennes :

Le levage de l'éolienne est effectué au moyen d'une grue principale de 500 à 1000 t ayant une capacité de levage à une hauteur équivalente à la hauteur du mât plus 20 m. Une grue auxiliaire d'une capacité plus réduite vient assister le levage des différents éléments, notamment ceux du rotor. La grue principale est transportée et montée par section sur chacune des plateformes d'éolienne.

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

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



Photographie 6 : Montage du rotor (à gauche), montage « pale par pale » (à droite)  
Source : EDF Renouvelables



Photographie 7 : Déroutage et pose des câbles (à gauche), poste de livraison (à droite)

Source : EDF Renouvelables

### 1.3.1.4. GESTION DES TERRES ET DES EAUX

#### Gestion des matériaux et des terres :

EDF Renouvelables accorde une attention toute particulière afin que les entreprises en charge des travaux optimisent au maximum les mouvements de terre de manière à éviter l'apport de matériau extérieur au site et à minimiser les mouvements internes au site.

Si la nature du sol le permet, les matériaux prélevés lors du décapage pourront être concassés et réutilisés pour la réalisation de la piste d'accès ou de remblais, ou seront évacués du site dans le cas contraire. Dans un premier temps, la terre végétale est retirée et stockée sur site afin d'être réutilisée lors de la remise en état après le chantier. Ensuite, le sol est décapé sur 20 à 50 cm afin de trouver un sol avec une portance suffisante. Enfin, une couche de 30 à 40 cm de GNT10 « 0-120 »<sup>11</sup> et/ou GRH12 sera déposée en plusieurs couches compactées.

Plus précisément concernant la terre végétale, celle-ci sera, lors des travaux, décapée et stockée avec précaution afin qu'elle ne soit pas mélangée aux autres matériaux. Elle sera stockée en tas de manière à réduire au maximum la rétention d'eau, généralement à proximité immédiate des massifs de fondation. Cette terre sera réutilisée à la fin du chantier pour le modelage autour des plateformes et sur les pistes ainsi que pour la végétalisation de certaines zones (abords des accès, etc.), après avoir pris soin de vérifier son aptitude au réemploi et de prévoir ses conditions de mise en œuvre.

Les éventuels excédentaires de terre végétale seront, à la fin du chantier, mis à disposition des agriculteurs ou des associations foncières.

Dans la mesure du possible, les entreprises doivent faire en sorte d'équilibrer ses déblais et les remblais pour ne pas avoir d'évacuation de matériau et éviter l'apport de terre depuis l'extérieur du site.

#### Gestion des eaux superficielles :

Au droit des pistes d'accès et des plateformes d'éoliennes, les écoulements hydrauliques superficiels s'effectueront de différentes manières :

- **Maintien du libre écoulement des eaux** (solution privilégiée dans la conception du projet) : Les voies posséderont un profil et des niveaux de pentes en travers permettant le libre ruissellement des eaux. Aucune intervention particulière n'est prévue.
- Aménagements hydrauliques ponctuels :

Pour le réseau de raccordement inter-éoliennes et afin de rester la continuité hydraulique sur le secteur, le projet peut prévoir des forages dirigés.

#### Réseaux électriques internes

Les travaux de réseaux électriques internes seront réalisés simultanément aux travaux des pistes afin de limiter les impacts. Une trancheuse permettra de créer les tranchées (profondeur 1m) pour le passage des câbles en souterrain, d'abord depuis les éoliennes jusqu'au poste de livraison, puis jusqu'au poste électrique de distribution (ENEDIS/ELD) prévu pour le raccordement. Les postes de livraison seront installés par le biais d'une grue.

Les éoliennes sont raccordées au réseau public par l'intermédiaire de poste HTB, conçu et installé selon les spécifications de l'entreprise d'électricité/gestionnaire du réseau concerné.

Des postes de transformations intégrés dans le mât sont nécessaires pour transformer la basse tension de l'éolienne en moyenne tension HTA. La connexion entre ces postes de transformation et les postes de livraison est effectuée à l'aide de systèmes de câbles HTA.

Le tracé pour le raccordement du parc éolien au poste HTB a été établi en fonction des contraintes foncières, environnementales, de la topographie du site (critères distance, volumes de terrassement), des ouvrages à franchir (contraintes de franchissement).

Le tracé des réseaux emprunte des chemins, routes et pistes existants.

Après le montage et les raccordements aux réseaux électriques, une phase de mise en service regroupe différents tests pour valider le bon fonctionnement des machines. L'Arrêté du 26 Août 2011 consolidé au 12 juin 2017 indique, dans son article 15, « *qu'avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :*

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

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

<sup>10</sup> Graves Non Traitées.

<sup>11</sup> La granulométrie du tout-venant (ou GNT) est de 0 à 120 mm.

<sup>12</sup> Graves Reconstituées Humidifiées.

## 1.3.2. EXPLOITATION DU PARC ÉOLIEN

Chaque éolienne est équipée d'un **processeur** collectant et analysant en temps réel les informations de fonctionnement des éoliennes et celles remontées par les **capteurs externes** (température, vitesse de vent, etc.). Celui-ci donne automatiquement les ordres nécessaires pour adapter le fonctionnement des machines. Le parc éolien, comprenant de nombreux automates, est raccordé à un centre d'exploitation à distance. Le suivi de l'installation est donc permanent (24h/24), notamment sa productivité, les éventuels dysfonctionnements...

Le fonctionnement automatisé du parc éolien permet :

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

### 1.3.2.1. SYSTÈMES D'ASSERVISSEMENT DES ÉOLIENNES

Les processeurs des éoliennes les plus récentes, telles que celles qui seront installées sur le site, intègrent des algorithmes de gestion de performance dite « dégradées ». Ces modes permettent de **limiter le fonctionnement de l'éolienne** pour respecter les obligations réglementaires ou les engagements environnementaux pris (acoustique, chiroptères, avifaune, etc.).

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

#### Bridage acoustique

Pour chaque catégorie de vent (vitesse et orientation) où des risques de dépassement d'émergence réglementaire apparaissent, des bridages seront mis en place afin de respecter la réglementation en termes d'émergence et/ou de niveaux de bruit ambiant. Il s'agit en particulier de brider la vitesse de rotation des pâles, en pilotant leur inclinaison, à un niveau qui limite l'émergence des nuisances. Une solution qui peut aller jusqu'à l'arrêt complet des machines en cas extrême.

Le bureau d'études EREA a réalisé l'étude acoustique du projet de Croix de Bor. L'analyse acoustique conclue que les seuils réglementaires seront respectés pour l'ensemble des riverains (plus de 2 km de distance au parc), quelques soient les périodes de jour ou de nuit et les conditions de vent.

Le maître d'ouvrage réalisera une campagne de mesures acoustiques au niveau des différentes zones à émergences réglementées à la suite de la mise en fonctionnement des installations. Ces mesures de contrôle devront s'effectuer pour les différentes configurations de vent et périodes (jour, nuit). Conformément à l'article 28 de l'arrêté du 26 août 2011, cette campagne de mesures devra se faire selon les dispositions de la norme NF S 31-114 selon la version de juillet 2011. Les résultats des mesures permettront, le cas échéant, d'adapter le fonctionnement des éoliennes aux conditions réelles de l'exploitation.

#### Bridage biodiversité

L'ensemble des éoliennes sera équipé dès la mise en service du parc et pour toute la durée d'exploitation de :

- **Un dispositif de détection et d'arrêt des machines pour réduire le risque de collision sur les rapaces**

Ces dispositifs ont pour objectif de détecter les oiseaux volant en direction des pâles et de ralentir puis stopper les pâles en un temps réduit, grâce à une action sur les freins dynamiques de la machine, pour permettre à l'oiseau de passer ou de réagir au dernier moment en limitant le risque de collision

- **Un dispositif d'arrêt des éoliennes en fonction des activités des chiroptères**

L'objectif de ce dispositif est d'atténuer les impacts liés à la mortalité des chiroptères par collision, en arrêtant de façon automatique les éoliennes lorsque les conditions météorologiques seront considérées par anticipation « à risque » pour les chiroptères, c'est-à-dire quand les vents sont faibles et les températures relativement élevées.

### 1.3.2.2. MAINTENANCE

#### Maintenance programmée :

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

La maintenance sera conforme aux termes de l'Arrêté du 26 Août 2011 consolidé au 12 juin 2017<sup>13</sup> spécifiant que « *trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.*

*Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.*

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

- **Maintenance 3 mois :**

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

- **Maintenance périodique biannuelle :**

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

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

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

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

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

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

<sup>13</sup> Les articles 17, 18 et 19 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

### 1.3.3. DÉMANTÈLEMENT DU PARC ÉOLIEN ET REMISE EN ÉTAT DU SITE

Comme toute installation de production énergétique, la présente installation n'a pas de caractère permanent et définitif

En fin de vie du parc, les éoliennes du «Parc éolien de Croix de Bor» pourront être démantelées, et le site remis en état. Les obligations de la SAS Energie de la Croix de Bor exploitant le parc sont spécifiées dans la version consolidée du 12 juin 2017 de l'Arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'Arrêté du 6 novembre 2014 et l'Arrêté du 22 juin 2020.

#### Description du démantèlement

La réversibilité de l'énergie éolienne est un de ses atouts. Cette partie décrit les différentes étapes du démantèlement et de la remise en état du site, conformément aux articles R.515-101 à 109 et L.515-44 à 47 du Code de l'environnement, ainsi qu'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.

#### Le démantèlement des éoliennes et des systèmes de raccordement électrique

La première phase consiste à démonter et évacuer les équipements et les aménagements qui constituent le parc éolien :

- les éoliennes : les mâts, les nacelles, les moyeux et les pales,
- les systèmes électriques : les postes de livraison et le réseau de câbles souterrains dans un rayon de 10 m autour des aérogénérateurs et des postes de livraison.
- les mêmes équipements et engins de chantier que lors de la phase de construction devraient être utilisés. Si nécessaire, la plateforme de montage et les pistes seront remises en état pour accueillir les grues notamment. Ainsi, les engins resteront dans les zones prévues à l'effet du chantier.
- les différents éléments de l'éolienne localisés en haut des mâts (pales, moyeux, nacelles) pourront être déboulonnés et démontés, puis enlevés à l'aide d'une grue, comme lors du chantier de montage de l'éolienne. Le rotor pourra être démonté en un bloc ou les pales et le moyeu pourront être démontés l'un après l'autre. Pour le mât, les différents tronçons le constituant pourront être démontés l'un après l'autre, puis déposés au sol à l'aide d'une grue avant d'être évacués du site.

#### L'excavation des fondations

Hors cas particuliers (Cf. article 29 de l'arrêté modifié du 26 août 2011) ; les fondations sont démolies dans leur intégralité, à l'exception des éventuels pieux. Le béton est brisé en blocs par une pelleteuse équipée d'un brise-roche hydraulique. L'acier de l'armature des fondations est découpé et séparé du béton en vue d'être recyclé.

La fouille est comblée par des terres similaires à celles trouvées sur les parcelles, ce qui permettra de retrouver les caractéristiques initiales du terrain.

#### La remise en état des terrains

Le démantèlement consiste ensuite en la remise en état de toutes les zones annexes. Cette phase vise à restaurer le site d'implantation du parc avec un aspect et des conditions d'utilisation aussi proches que possible de son état antérieur.

Les chemins d'accès créés et aménagés et les plateformes de grutage créées spécifiquement pour l'exploitation du parc éolien seront remis à l'état actuel (décaissement sur une profondeur de 40 cm et remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation), sauf si le propriétaire des terrains souhaite leur maintien en état.

Les matériaux apportés de l'extérieur (géotextile, sable, graves) seront extraits à l'aide d'une pelleteuse et emmenés hors du site pour être stockés dans une zone adéquate ou réutilisés.

Les sols seront décompactés et griffés pour un retour à un usage agricole. Dans le cas d'un décapage des sols lors de la construction de la plateforme, de la terre végétale d'origine ou d'une nature similaire à celle trouvée sur les parcelles sera apportée.

#### La valorisation ou l'élimination des déchets

Les éoliennes sont considérées, d'après la nature des éléments qui les composent, comme globalement recyclables ou réutilisables. Les éléments les composant seront réutilisés, recyclés, valorisés, ou à défaut éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet.

Au 1er janvier 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, doivent être réutilisés ou recyclés. À compter du 1er janvier 2024, au minimum 95 % de la masse totale des aérogénérateurs dont le dossier d'autorisation complet a été déposé après cette date doit être réutilisable ou recyclable, tout ou partie des fondations incluses.

Au 1er janvier 2022, au minimum 35 % de la masse des rotors doivent être réutilisés ou recyclés. Cette proportion passe à 45 % pour les aérogénérateurs dont le DDAE complet a été déposé après le 1er janvier 2023 et à 55 % pour ceux dont le DDAE a été déposé après le 1er janvier 2025.

Les différentes étapes du démantèlement d'un parc éolien sont présentées dans le tableau suivant. Un cahier des charges environnemental sera fourni aux entreprises intervenant sur le chantier de démantèlement.

D'une manière générale, les mêmes mesures de prévention et de réduction que celles prévues lors de la construction du parc seront appliquées au démantèlement et à la remise en état. La remise en état des accès et des emplacements des fondations fera l'objet d'une attention particulière en termes de re-végétalisation.

Principaux types de travaux	
<b>Installation du chantier</b>	Mise en place de panneaux signalétiques de chantier, des dispositifs de sécurité, du balisage de chantier autour des éoliennes et de la mobilisation, location et démobilité de la zone de travail
<b>Découplage du parc</b>	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
<b>Démontage, évacuation et traitement de tous les éléments constituant les éoliennes</b>	Procédure inverse au montage : utilisation de grues pour démonter les éléments des éoliennes et les poser à terre.
	Evacuation tous les déchets (éléments d'éoliennes) vers des filières idoines de valorisation et de traitement
<b>Arasement des fondations</b>	Arasement des fondations sur une profondeur correspondant à l'usage du terrain au titre du document d'urbanisme opposable.

Figure 19 : Principaux types de travaux de démantèlement et de remise en état d'un parc éolien

### PROVISIONNEMENT DES GARANTIES FINANCIÈRES

Les dispositions relatives aux garanties financières mises en place par l'exploitant en vue du démantèlement de l'installation et de la remise en état du site seront conformes à l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, 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. La formule de calcul est précisée en annexe 1 de l'arrêté :

$$M = N \times Cu$$

Où

-  $N$  est le nombre d'unités de production d'énergie (c'est-à-dire d'aérogénérateurs).

-  $Cu$  est le coût unitaire forfaitaire correspondant au démantèlement d'une unité, à la remise en état des terrains, à l'élimination ou à la valorisation des déchets générés. Ce coût est fixé à 50 000 euros pour les éoliennes d'une puissance unitaire  $\leq 2$  MW et à  $50\,000 + 10\,000 \times (P - 2)$  pour les éoliennes d'une puissance unitaire  $> 2$  MW ;  $P$  étant la puissance de l'éolienne en MW.

L'article 31 de ce même arrêté dispose que « l'exploitant actualise tous les cinq ans le montant de la garantie financière, par application de la formule mentionnée en annexe II au présent arrêté ». La formule est la 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.

- Indexo 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.
- TVAo est le taux de la taxe sur la valeur ajoutée au 1er janvier 2011, soit 19,60 %.

D'après l'article 4, l'arrêté préfectoral d'autorisation fixera le montant initial de la garantie financière et précisera l'indice de calcul. A titre indicatif, au 1<sup>er</sup> juin 2020, le montant des garanties financières à constituer aurait été de 60 000€/éolienne soit 320 000€ dans le cadre du projet de parc éolien de Croix de Bor. Ce montant sera actualisé tous les 5 ans, conformément à l'article 31 de cet arrêté, d'après la formule donnée dans son Annexe II.

## RETOUR D'EXPÉRIENCE D'EDF RENOUVELABLES

En 2010, EDF Renouvelables a assuré la maîtrise d'ouvrage déléguée du premier chantier français de démantèlement et sa remise à l'état naturel sur le parc éolien de Sallèles-Limousis dans l'Aude (mis en service en 1998). Ce site accueillait 10 éoliennes de 750 kW chacune.

Les équipements techniques ont été enlevés et l'arasement des fondations a été effectué, permettant ainsi la re-végétalisation du site. Le chantier a duré 2 mois.

Un cahier des charges environnemental a été fourni aux entreprises intervenant sur le chantier afin de limiter les nuisances sur l'environnement proche pendant le déroulement du chantier.

Les opérations de démantèlement se sont déroulées de la façon suivante :

1. **Nacelle** : La nacelle est démontée puis descendue au pied de l'éolienne à l'aide d'une grue de 400 t. L'évacuation des nacelles et de leurs composants s'est fait en plusieurs temps pour des raisons de délai, de poids et d'encombrement :
  - Enlèvement du réducteur ;
  - Enlèvement de la génératrice ;
  - Enlèvement du moyeu ;
  - Evacuation de la nacelle vide.
2. **Tour** : De la même façon, les sections de tour sont déposées puis transportées jusqu'à la plate-forme de travail où les composants sont découpés par chalumeau en éléments transportables.
3. **Fondations** : Les massifs ont été détruits à l'aide d'explosifs. Les métaux ont été évacués, les gravats concassés, puis remis dans la fouille avant remblaiement.
4. **Remise en état du site** : Elle consiste en un décompactage des pistes et plateformes avec un re-profilage d'une piste de 2,50 m de large pour conserver l'accès au site depuis la déchetterie. Les sols remaniés sont ensuite laissés au repos et l'ensemencement pour re-végétalisation a eu lieu à la période propice.

**ETAPES D'UN CHANTIER DE DEMANTELEMENT D'UN PARC EOLIEN**  
**Exemple du parc éolien de Sallèles-Limousis (11- Aude)**

1 - Début des travaux et préparation des accès

2 - Mise en place des engins de matutention (Grues, tracteurs et camions navettes) au pied de l'éolienne

3 - Evacuation des composants de la nacelle (générateur, moyeu)

4 - Evacuation de la nacelle vide

5 - Découpe pour dépose du premier tronçon du mât

6 - Retournement avec la grue secondaire avec préparation et mise en place sur les camions navettes

7 - Déchargement et découpe au chalumeau sur la plateforme de découpe avec mise au format pour évacuation vers les filières de gestion des déchets



Figure 32 : Exemple de démantèlement réalisé par EDF-R

## ETAPES D'UN CHANTIER DE DEMANTELEMENT D'UN PARC EOLIEN Exemple du parc éolien de Sallèles-Limousis (11- Aude)



8 - Mise en place et mise à feu des explosifs pour destruction des fondations et évacuation vers les filières adaptées de gestion des déchets.

9 - Remise en état du site

Figure 21 : Etapes du chantier de démantèlement du parc éolien de Sallèles-Limousis (11- Aude)

## 1.4. ESTIMATION DES TYPES ET QUANTITÉS DE RÉSIDUS ET D'ÉMISSIONS ATTENDUS EN PHASE TRAVAUX ET FONCTIONNEMENT

### 1.4.1. EN PHASE TRAVAUX

#### 1.4.1.1. NUISANCES LIÉES AU TRAFIC

La construction du parc éolien entraînera une augmentation temporaire du trafic routier local :

Tableau 8 : Trafic routier lié au chantier de Croix de Bor

Type d'activité	Ratio utilisés	Pour le chantier de CROIX de BOR
Coulage de la fondation	Toupies de 8 m <sup>3</sup> pour 600 à 800 m <sup>3</sup> de béton nécessaire par fondation → 60 à 100 camions par fondation	600 à 1000 camions
Transport des composants de l'éolienne	1 camion pour la nacelle, 3 pour les pales, 3 pour le mât acier, 1 pour le transformateur, 1 pour le moyeu, 1 pour la virole, 1 pour le transport des divers matériaux → 11 et 13 camions par éolienne	110 camions et 130 camions
Camions de transport des câbles électriques HTA	→ 1 camion pour environ 2 km de câbles	
Poste(s) de livraison	→ 1 camion par poste de livraison	3 camions
Acheminement d'engins de chantier sur site	Grue(s), pelleuse, pelle-mécanique, bulldozer, rouleau compresseur, trancheuse... → 1 camion par engin de chantier	15 camions par grue 40 camions pour acheminer les engins
Acheminement des installations temporaires de chantiers sur site	Préfabriqué de chantier, benne(s) à déchets → 2 camions par installation temporaire (un en début de chantier, un en fin de chantier)	15 à 20 camions
Transport de matériaux et matériel (apport de GNT/GRH, bennes de déchets, préfabriqués de chantier, acier, palette...)	→ 1 camion pour 8 m <sup>3</sup> de GNT/GRH → 1 camion pour 8 m <sup>3</sup> de matériaux/matériel	600 à 1000 camions
Transport du personnel	Véhicules légers (environ 5 durant toute la durée des travaux)	10 véhicules



Photographie 8 : Acheminement d'une nacelle par convoi exceptionnel jusqu'au chantier

Au-delà de ce trafic, la circulation interne au parc est également à prendre en compte (déplacements des camions, engins de chantier, déplacement du personnel en véhicules légers...).

Les différentes phases du chantier n'impliquent pas le même trafic. La phase la plus importante en termes de trafic routier sera lors du coulage des fondations. En effet, le coulage d'une fondation doit se faire dans une seule et même journée, ce sont donc environ 60 à 100 camions (toupies de 8 m<sup>3</sup>) qui circuleront en flux tendu sur une journée pour une éolienne. Dans les premiers mois du chantier, 10 à 15 jours présenteront donc un trafic routier pouvant entraîner une gêne temporaire et localisée de la circulation. Enfin, l'acheminement des éléments des éoliennes entraînera un trafic routier d'une dizaine de camions par jour et par éolienne. Si le trafic est moins important que lors du coulage des fondations, il s'agira de convois de dimension relativement conséquente.

Les entreprises en charge des travaux ont l'obligation de **limiter les nuisances au maximum**. Ainsi, ils devront s'assurer de limiter au maximum les bruits de chantier susceptibles d'importuner les riverains. Les engins de chantier seront ainsi conformes à la réglementation en vigueur et soumis à un contrôle et un entretien régulier. L'usage des sirènes, avertisseurs, haut-parleurs, etc. gênants pour le voisinage et la faune sera interdit sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.



### 1.4.1.2. MODALITÉ DE GESTION DES EFFLUENTS/DÉCHETS

Le chantier sera source de production de déchets. Le tableau suivant présente les principaux types de déchets produits lors du chantier, ainsi que les filières de traitement et de valorisation existantes. Avant évacuation du chantier, les déchets seront stockés en bennes fermées. La majorité des déchets sera transportée en déchetterie pour valorisation.

Etape du chantier	Type de déchet	Modalité de stockage	Filière de traitement ou valorisation
Terrassement / nivellement	Restes de fauche/coupe des surfaces nécessaires au chantier	-	Compostage
Fondations	Ligatures, ferrailles	Benne de tri sélectif	Réemploi/réutilisation ou valorisation (dans les usines sidérurgiques par exemple)
	Béton*	Concassage	Stockage Valorisation matière (réemploi ou réutilisation)
Montage des éoliennes	Huiles usagés**	Cuve double enveloppe ou avec bac de rétention	Valorisation matière (régénération des huiles noires, recyclage des huiles claires) Valorisation énergétique (combustible)
	Emballages	Benne de tri sélectif	Rénovation (nettoyage haute pression) Valorisation matière (décontaminés, écrasés et valorisés sous forme de métal ou plastique) Valorisation énergétique (incinération)
	Palettes de bois	Benne de tri sélectif	Réemploi Valorisation matière (compost, pâte à papier...) Valorisation énergétique (combustible)
Base vie	DIB (Déchet Industriel Banal)	Benne DIB	Valorisation énergétique (combustible)
	Déchets d'emballage	Benne de tri sélectif	Rénovation (nettoyage haute pression) Valorisation matière (décontaminés, écrasés et valorisés sous forme de métal ou plastique) Valorisation énergétique (incinération)
	Déchets dangereux	Benne de tri sélectif	Valorisation énergétique (incinération)
Raccordement électrique	Chute de câbles en aluminium ou en cuivre	Benne de tri sélectif	Valorisation matière (raffinerie, fonderie, industrie chimique)
Remise en état	Eventuellement la terre décaissée non utilisée	Mise en remblais	Stockage

Tableau 9 : Type de déchets produits lors du chantier de construction

\*La réalisation des **fondations en béton** induira une utilisation de béton frais sur le site. Les toupies béton seront rincées sur une aire de lavage dédiée spécialement équipée d'un géotextile permettant de filtrer les eaux de rinçage. Les résidus de béton secs seront ensuite évacués comme déchets inertes.

Les déchets seront ensuite évacués et recyclés dans les filières adaptées en fin de chantier. Cette façon de procéder sera imposée et coordonnée par le **Responsable Environnement du chantier**.

\*\* Les entreprises seront tenues de prendre toutes les dispositions nécessaires pour éviter qu'aux abords du chantier le milieu ne soit souillé par des poussières, déblais ou matériaux provenant des travaux. Des arrosages du sol seront pratiqués si nécessaire afin d'éviter la production de quantités de poussières importantes.

Les opérations d'entretien des engins de chantier seront réalisées soit directement sur la base de chantier pour l'entretien d'appoint (approvisionnement carburant, huile, graissage), soit en dehors de la zone de chantier. Les stockages sur site d'huiles et de carburants pour les engins seront réalisés dans des bacs de rétention étanches, en général dans des containers de chantier. A noter qu'aucune opération de maintenance utilisant des huiles ne sera réalisée sur le site.

Des installations de nettoyage des roues et des dessous de véhicule de chantier seront installées par les entreprises avant le début des travaux. Ces installations seront conformes à la réglementation en vigueur sur le plan de la récupération des déchets et des eaux usées. Les opérations de lavage des engins (camions-toupie) ne s'effectuent sur le site que sur une zone équipée de filtres permettant de filtrer l'eau de lavage ; les dépôts solides restants seront éliminés en tant que déchets inertes conformément à la réglementation applicable. La propreté des véhicules est contrôlée avant leur départ du chantier.

Les engins de terrassement ou a minima le véhicule du chef de chantier seront équipés de kits anti-pollution d'urgence permettant d'absorber d'éventuelles fuites d'huile accidentelles.

Plus globalement, EDF Renouvelables France tient à souligner que dans le cadre de la démarche ISO 14001 du Groupe, la société réalise pour chacun de ces projets de parc éolien, un cahier des charges environnemental spécifique à destination du maître d'œuvre et des entreprises en charge de la réalisation des travaux .

Un cahier des charges sera donc réalisé dans le cadre du projet de Croix de Bor. Une attention particulière est portée à la gestion des ruissellements et la prévention des pollutions pendant le chantier. Il comportera des prescriptions environnementales afin de garantir l'exécution des travaux dans le respect de l'environnement notamment naturel et aquatique (utilisation d'engins de chantier récents, régulièrement entretenus et aux normes réglementaires, tri des déchets, mise en place d'aires étanches et/ou de solutions de rétention pour le stockage de produits de chantier potentiellement polluants telles que les huiles, ...) et afin de garantir la propreté du chantier.

### 1.4.2. EN PHASE DE FONCTIONNEMENT

L'exploitation d'un parc éolien ne génère pas d'émissions de polluants dans l'air, ni dans le sol ni dans l'eau, et ne nécessite pas de prélèvement ni de consommation d'eau. En revanche, les opérations de maintenance produisent des faibles volumes dont la prévention et la gestion sont régies par les articles L. 541 et R. 541-43 et suivants du code de l'environnement. Ces articles définissent comme déchet « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire » et imposent que « tout producteur ou détenteur de déchets est tenu d'en assurer ou d'en faire assurer la gestion ».

En outre, les articles 20 et 21 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement stipulent que ces déchets doivent être récupérés et éliminés dans des installations prévues à cet effet.

En termes de volumes, les déchets les plus importants dus à la maintenance proviennent des huiles usagées suite à une vidange. En phase exploitation, les autres déchets générés par la vidange sont les joints d'étanchéité, les matériaux et emballages souillés, les liquides de refroidissement... Le remplacement des composants, les opérations de lubrification, de surveillance des points de graissage sont également à l'origine de déchets, dans une moindre mesure.

**Tous les déchets seront collectés, triés et traités par une entreprise spécialisée. Au total, il est estimé qu'une éolienne génère environ 190 kg de déchets en une année.**

**D'après l'ADEME, en France, un habitant génère environ 360 kg de déchets par an, soit presque 2 fois plus qu'une éolienne sur la même période.**



Parc éolien de Croix de Bor (48)