

## Projet de renouvellement du parc éolien du Lomont

Description du  
projet



*Chez EDF Renouvelables France  
Cœur Défense – Tour B  
100, Esplanade du Général de Gaulle  
92 932 Paris la Défense Cedex*



*16 Boulevard Montmartre  
75009 Paris*



*La Menuiserie  
17, Rue du Stade  
25660 FONTAIN*

Département du Doubs (25)

Communes de Valonne et  
de Vyt-lès-Belvoir



## Table des matières

<b>Table des matières .....</b>	<b>3</b>
<b>Contexte du projet .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Contexte du projet .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Acteurs du projet .....</b>	<b>7</b>
2.1. Les exploitants du parc.....	7
2.2. Opale Energies Naturelles, coordinateur du projet de renouvellement.....	8
<b>3. Localisation de l'installation .....</b>	<b>8</b>
<b>Présentation du projet éolien.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Principe de fonctionnement d'un parc éolien .....</b>	<b>12</b>
<b>5. Les composantes du parc éolien .....</b>	<b>12</b>
5.1. Les éoliennes .....	15
5.2. Les aires de grutage.....	17
5.3. Les structures de livraison .....	18
5.4. Les éléments annexes aux installations .....	19
<b>6. Démantèlement du parc éolien existant et construction du parc renouvelé .....</b>	<b>20</b>
6.1. Travaux préliminaires à la déclaration de début d'exploitation .....	20
6.2. Déroulement des travaux.....	20
6.3. Démantèlement du parc éolien existant.....	20
6.4. Construction du parc éolien renouvelé.....	22
6.5. Transport .....	24
<b>7. Exploitation du parc éolien .....</b>	<b>25</b>
7.1. Fonctionnement d'une éolienne .....	25
7.2. Exploitation et maintenance du parc éolien .....	25
7.3. Travaux de démantèlement .....	26
7.4. Les garanties financières .....	26



# CONTEXTE DU PROJET



## 1. Contexte du projet

Le développement du parc éolien du Lomont a débuté en 2002. Composé de 15 éoliennes de 2 MW chacune et de 125 m haut en bout de pale, le projet a obtenu son permis de construire en février 2005 et a été mis en service en février 2008 en présence notamment de M. Forni, alors Président du conseil régional de Franche-Comté, et de Mme Tharin, députée de la 4<sup>ème</sup> circonscription du Doubs.

Il s'agit du premier parc éolien construit en Franche-Comté.

En 2015, ERG et EDF Renewables France (via leurs sociétés de projet respectives) deviennent les deux propriétaires du parc :

- 4 éoliennes sur la commune de Vyt-lès-Belvoir et 1 éolienne sur Valonne appartiennent désormais à ERG (société CEPE du Pays de Montbéliard) ;
- 10 autres éoliennes appartiennent à EDF Renewables France (société CEPE du Lomont) sont en deux parties :
  - o 5 sur Valonne qui forment la partie Ouest du Lomont,
  - o 4 sur Solemont et 1 sur Feule qui forment la Partie Est du Lomont.

Seules les 10 éoliennes de la crête du Lomont, installées sur les communes de Vyt-lès-Belvoir et Valonne, font l'objet de ce dossier (entourées en blanc sur la carte ci-dessous).



Illustration 1 : Localisation et propriété des éoliennes faisant l'objet de l'opération de renouvellement

C'est en 2018 que l'idée de renouveler le parc par des éoliennes plus performantes émerge. EDF Renewables et ERG, les deux exploitants du parc éolien du Lomont (via leurs sociétés de projets respectives), mènent une pré-étude de faisabilité qui confirme la pertinence de cette réflexion.

Pour coordonner le projet, ils mandatent alors la société Opale Energies Naturelles, implantée à proximité du parc et acteur historique du territoire en matière d'accompagnement à la transition énergétique.

Au deuxième trimestre 2019, l'opportunité de renouveler le parc est présentée à Mme Ponçot et M. Sandoz, respectivement maires des communes de Vyt-lès-Belvoir et Valonne, ainsi qu'à M. Brand et à Mme Barrand, président et directrice générale des services de la Communauté de communes du Pays de Sancey-Belleherbe.

En août 2019, le projet de renouvellement est présenté à l'ensemble des conseillers municipaux des deux communes, ainsi qu'à la Communauté de Communes du Pays de Sancey-Belleherbe.

En septembre, elles délibèrent favorablement sur le principe de renouveler le parc éolien actuel par des éoliennes plus performantes.

## 2. Acteurs du projet

### 2.1. Les exploitants du parc

#### 2.1.1. EDF Renewables

EDF Renewables est la filiale du Groupe EDF dédiée au développement des énergies solaires et éoliennes ainsi que du stockage d'énergie. L'entreprise dispose d'une expérience de plus de 20 ans dans le développement des énergies renouvelables, en France et à travers le monde. Les équipes d'EDF Renewables sont présentes sur le territoire pour toutes les étapes de vie d'un projet : évaluer le potentiel du territoire, concevoir le projet le plus adapté au contexte local, assurer la construction, l'exploitation et le démantèlement des installations.

L'entreprise maîtrise ainsi la qualité et la performance de ses installations et accompagne ses partenaires sur le long terme. Elle exploite en France, via sa filiale EDF Renewables France plus de 1500 MW de puissance éolienne et exploite les 5 éoliennes les plus à l'est de la ligne de 10 éoliennes concernée par le projet de renouvellement, sur la commune de Valonne.

#### 2.1.2. ERG

Le Groupe ERG est présent en Europe où il possède et exploite des parcs éoliens d'une puissance totale de 1,9 GW. Ce producteur européen d'énergies renouvelables opère avec succès dans le secteur énergétique depuis plus de 80 ans. ERG est actif sur toute la vie d'un parc éolien, de l'identification du site jusqu'au démantèlement ou renouvellement d'un parc, en passant par l'exploitation et la maintenance.

Acteur unique sur l'ensemble de la vie du parc, ERG accompagne les collectivités et autres partenaires sur le long terme. Il est bien présent en France avec 5 bureaux (Paris, Nantes, Strasbourg, Lyon et Lille), 2 centres de maintenance et 2 centres d'exploitation.

Le développement de ses projets éoliens s'appuie sur un engagement fort auprès des territoires, en assurant l'implication des collectivités locales dans l'ensemble des projets et la transparence à chacune des étapes de leur déploiement. ERG est présent en France avec une capacité installée de 495,9 MW et exploite les 5 éoliennes à l'ouest du parc sur Vyt-lès-Belvoir et Valonne, concernées par le projet de renouvellement.

## 2.2. Opale Energies Naturelles, coordinateur du projet de renouvellement

Fondée en 2008 par un collectif d'experts, pionniers de l'éolien en France, Opale Energies Naturelles accompagne depuis plus de 10 ans la transition écologique des territoires en assurant le développement, la construction et l'exploitation de projets éoliens, biogaz et photovoltaïques. Plus de 50 collaborateurs répartis sur 6 agences travaillent pour mettre en oeuvre des solutions durables, innovantes et adaptées aux enjeux de chaque territoire.

Dans le cadre du renouvellement du parc éolien du Lomont, Opale EN assure la coordination du projet pour le compte d'ERG et EDF Renouvelables.

Basée à Fontain dans le Doubs, à 10 minutes de Besançon, Opale EN connaît bien le territoire puisqu'elle y a développé le parc éolien des Monts du Lomont sur les communes de Crosey-le-Grand, Rahon et Vellerot-lès-Belvoir. Elle a également développé pour son propre compte les 3 éoliennes du Mont de Villey – dont le montage s'est achevé en novembre 2020 - sur les communes de Valonne et Dambelin.

Coordonnée par un chef de projet, une équipe multidisciplinaire est mobilisée pour le développement de ce projet : ingénieurs environnement et technique, juristes, urbanistes, communicants, etc.

De nombreux prestataires indépendants sont également missionnés pour la réalisation d'études spécifiques.

## 3. Localisation de l'installation

Le projet de renouvellement du parc éolien du Lomont est situé dans le département du Doubs, au sein de la région Bourgogne Franche-Comté.

La zone de projet, sur laquelle est effectué l'ensemble des études environnementales, techniques et réglementaires, s'étend sur le territoire administratif de trois communes, dans le respect de la ligne de crête du Lomont :

- Dambelin, membre de la Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard,
- Valonne et Vyt-lès-Belvoir, membres de la Communauté de Communes du Pays de Sancey-Belleherbe.





Seules ces deux dernières sont en revanche concernées par des aménagements dans le cadre du projet de renouvellement.

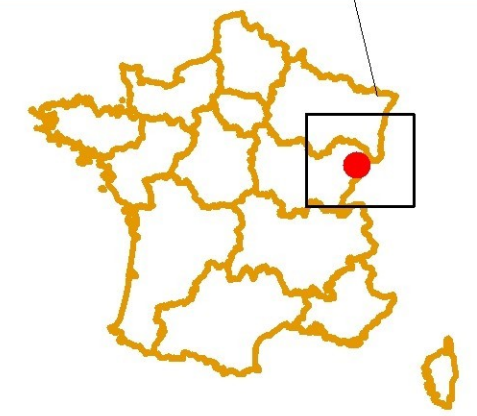
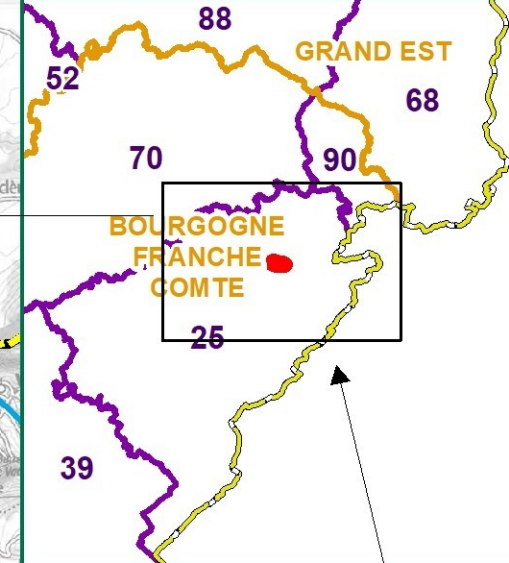
Les aires d'étude du projet sont présentées en page **Erreur ! Signet non défini.** de la présente étude d'impact.



# Repowering du Lomont

## Situation géographique

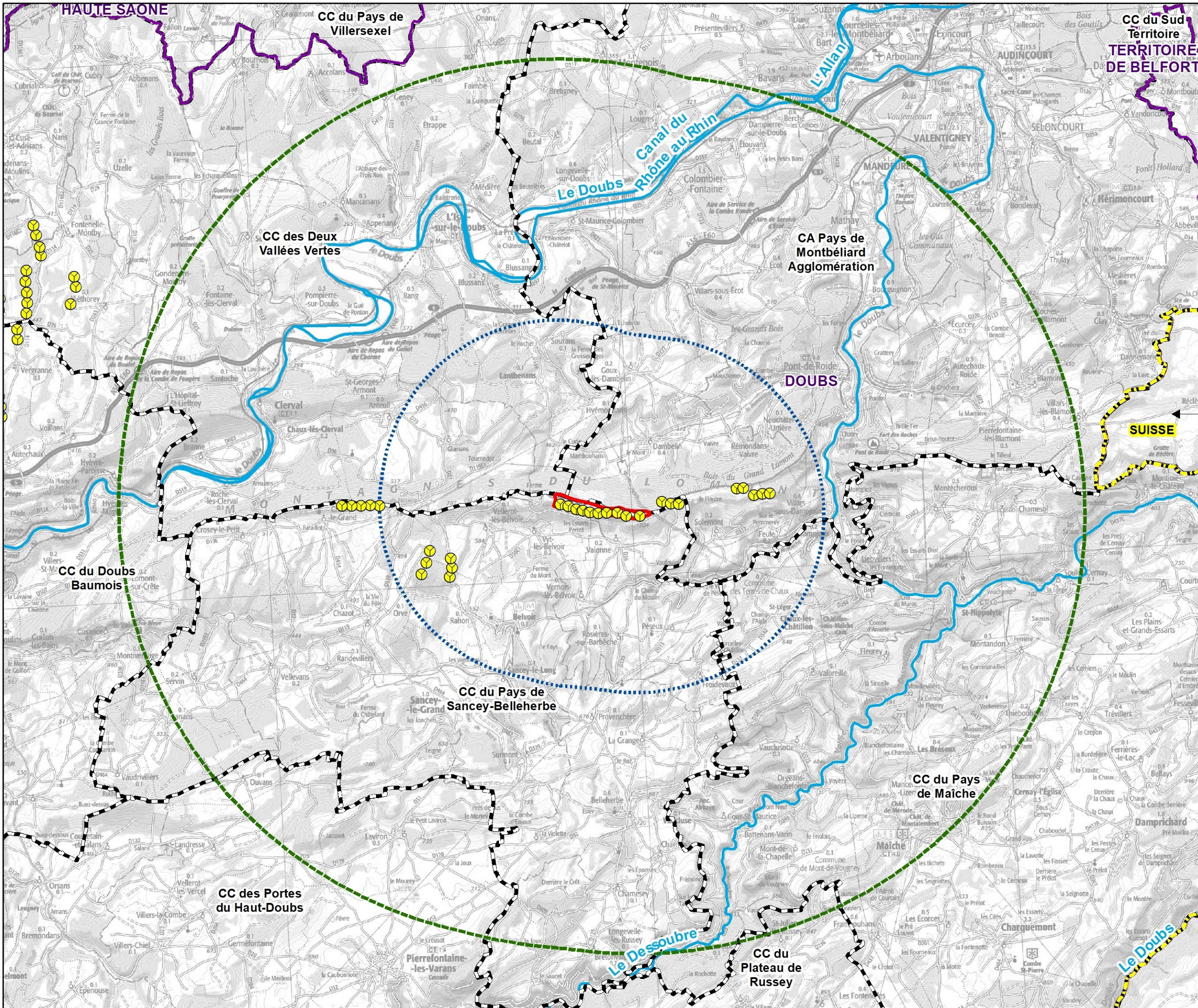
-  Eolienne existante
-  Zone de projet
-  Aire d'étude rapprochée (6km)
-  Aire d'étude éloignée (15km)
-  Limite régionale
-  Limite départementale
-  Limite intercommunale
-  Cours d'eau principal



Fond de plan : IGN SCAN 100©  
Données : BD CARTHAGE©, ADMIN EXPRESS



Format A3	Echelle : 1:120 000	Date: 05/2020
--------------	------------------------	------------------





# PRESENTATION DU PROJET EOLIEN

## 4. Principe de fonctionnement d'un parc éolien

Un parc éolien est composé d'aérogénérateurs, ou éoliennes, qui transforment l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Le vent seul entraîne la mise en rotation des pales reliées à un axe lent - éventuellement relié à un multiplicateur (selon les constructeurs) - qui permet d'augmenter la vitesse de rotation d'environ 15 à 1 500 tours par minute. L'énergie mécanique ainsi créée est ensuite convertie en électricité par une génératrice. Le courant électrique produit est alors envoyé vers un transformateur pour augmenter sa tension de 690 à 20 000 volts.

L'électricité est ensuite transportée de l'éolienne jusqu'à une structure de livraison, via des câbles enterrés. De la structure de livraison, le câble chemine jusqu'à un poste de raccordement existant pour être injecté sur le réseau public de transport d'électricité.

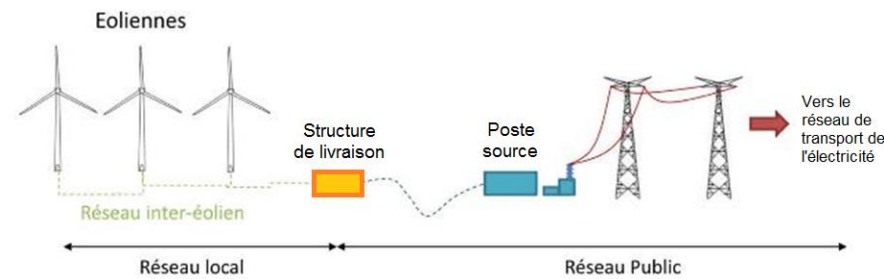


Illustration 2 : Principe de fonctionnement d'un parc éolien

## 5. Les composantes du parc éolien

Le parc existant du Lomont est composé de 10 éoliennes de 2 MW chacune, de 125 m de haut en bout de pale et d'un diamètre de rotor de 90 m.

Le projet de renouvellement prévoit :

- Le démantèlement des 10 éoliennes actuelles (y compris les fondations) et la réalisation d'une nouvelle ligne de 10 éoliennes réparties selon un axe Ouest/Est.
- L'aménagement de nouvelles aires de levage des éoliennes (environ 0,29 ha par éolienne en forêt, 0,26 ha par éolienne en milieu ouvert), utilisées également pour la maintenance du parc. Les plateformes actuelles seront réutilisées pour un autre usage ou remises en état.
- La création de 605 m.l. de pistes d'accès supplémentaires, en appui sur le réseau de pistes desservant les éoliennes actuelles qui sera maintenu en l'état.
- Le remplacement du réseau de raccordement électrique enterré,
- L'aménagement de 4 nouvelles structures de livraison situées sur les aires de grutage des éoliennes actuelles E4 (2 structures), E6 et E9, et la suppression des 2 existantes.

Les aérogénérateurs envisagés ne sont à ce jour pas connus précisément (nom du fournisseur, puissance unitaire précise) ; le type d'aérogénérateurs sera défini à l'issue de l'appel d'offre des constructeurs après obtention des autorisations administratives. Cependant, les données de vent sur le site ainsi que les contraintes et servitudes ont permis de définir une enveloppe dimensionnelle maximale (gabarit) à laquelle répondront les aérogénérateurs qui seront installés. Les dimensions maximales (gabarit maximal) sont indiquées dans le tableau suivant et prennent en compte les évolutions possibles des constructeurs d'ici le choix des machines.

*Nota : Un gabarit type est également défini dans le tableau suivant et correspond aux valeurs prises en compte dans l'étude d'impact (éolienne de puissance 4,5 MW, de 180 m de hauteur maximale en bout de pale, de 140 m de rotor, soit des pales de 70 m). Les éoliennes E1 et E2 sont dotées d'une hauteur de 175 m maximum en bout de pale, soit un rotor de 135 m de diamètre).*

Avec l'implantation de 10 machines de 4,5 MW maximum, la puissance totale installée du projet de renouvellement pourrait atteindre 45 MW, contre 20 MW pour le parc éolien en fonctionnement.

Nom de l'aérogénérateur	Constructeur	Puissance (MW)	Diamètre rotor (m)	Hauteur au moyeu (m)	Hauteur en bout de pale (m)	Hauteur min en bas de pale (m)	Classe de vent
GE 2,75-120	General Electric	2,78	120,0	110	170,0	50,0	IEC3B
E-126	Enercon	3, 3,5 ou 4	126,0	116,0	179,3	53,3	IEC2A
V126	Vestas	3 ou 3,6	126,0	117,0	180,0	54,0	IEC2A
GE 3,0-130	General Electric	3 ou 3,83	130,0	110,0	175,0	45,0	IEC2B
N131	Nordex	3, 3,6 ou 3,9	131,0	106 ou 114	171,9 ou 179,9	40,9 ou 48,9	IEC3A/ IEC S
SG 3,4-132	Siemens-Gamesa	3, 3,3, 3,55 ou 3,65	132,0	114,0	180,0	48,0	IEC2A
N133	Nordex	4,8	133,0	110,0	177,0	44,0	IEC S
V136	Vestas	3, 3,6, 4 ou 4,2	136,0	112,0	180,0	44,0	IEC S
GE137	General Electric	3, 3,83 ou 4	137,0	111,5	180,0	43,0	IEC3B
E-138	Enercon	4,2	138,2	110,1	179,3	41,1	IEC3A
Dimensions prises en compte pour le gabarit maximal (prenant en compte les évolutions possibles des éoliennes disponibles d'ici la construction)							
Gabarit max	E1-E2	2,5 à 4,2	135,0	115,0	175,0	40,0	-
	E3-E10	3 à 4,5	140,0	125,0	180,0	40,0	-

Tableau 1 : Inventaire (non exhaustif) des éoliennes possibles et définition du gabarit maximal (Opale EN, 2018)

Localisation	Région :	Bourgogne- Franche-Comté
	Département :	Doubs
	Communes :	Valonne, Vyt-lès-Belvoir
Eoliennes - Gabarit type	Puissance unitaire :	4,5 MW maximum
	Nombre	10
	Puissance totale :	45 MW maximum
	Diamètre maximal du rotor :	140 mètres (135 m pour E1 et E2)
	Hauteur maximale du moyeu :	125 mètres (115 m pour E1 et E2)
	Hauteur maximale en bout de pale :	180 mètres (175 m pour E1 et E2)
Implantation	Hauteur mini entre le bas de pale et le sol :	40 mètres
	Configuration :	1 ligne de 10 éoliennes ; espacement moyen de 350 m entre deux éoliennes
Raccordement réseau	Réseau :	20 kV enfoui
	Localisation poste raccordement potentiel :	Poste électrique de Varoilles à Dambelin (avec réutilisation de la ligne existante si possible)
Investissement total	Investissement moyen	45 M€
Rendement de l'installation	Par éolienne	2 750 h
Production d'énergie estimée	Parc en totalité	110 000 MWh/an
Equivalence en consommation électrique	Parc en totalité	44 000 personnes (soit la totalité de la population de la CC du Pays de Sancey-Belleherbe)
Durée de fonctionnement du parc	Demande d'autorisation pour une période définie	30 ans, renouvelable 2 fois 15 ans

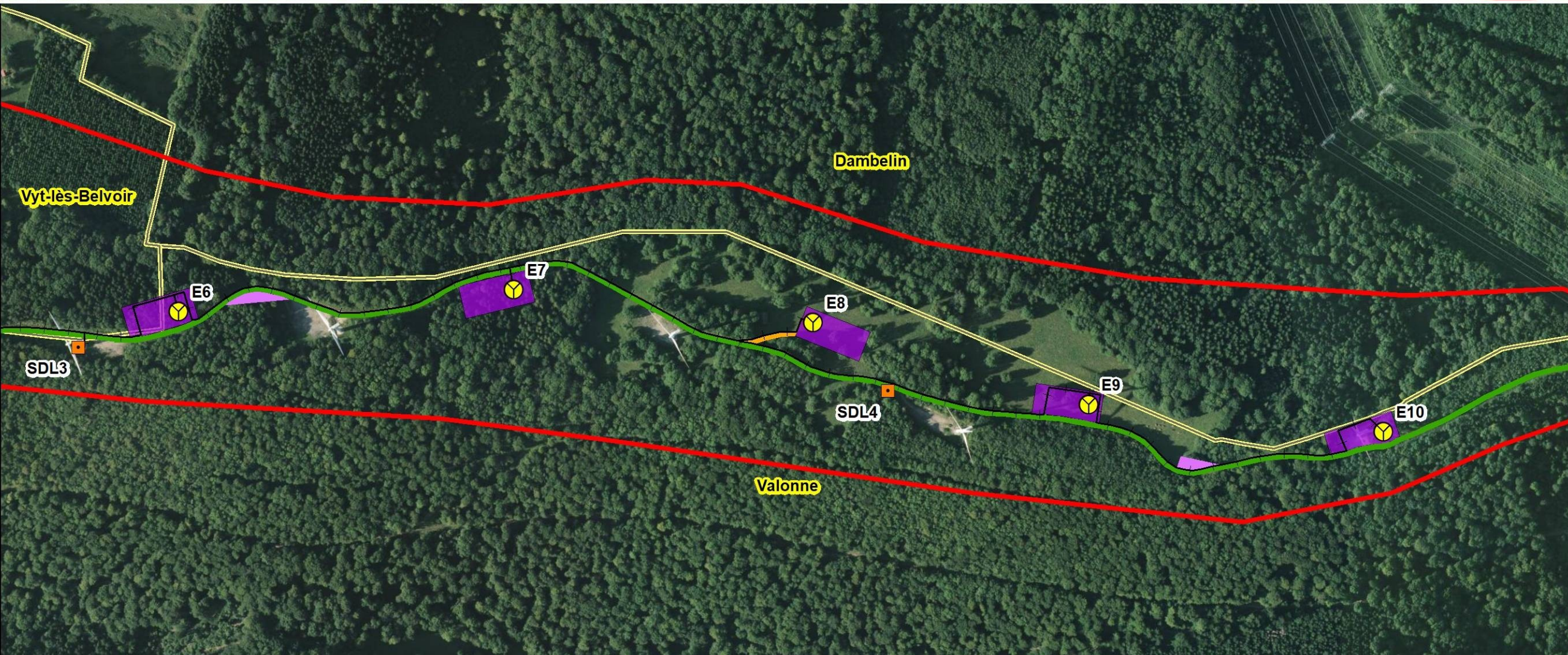
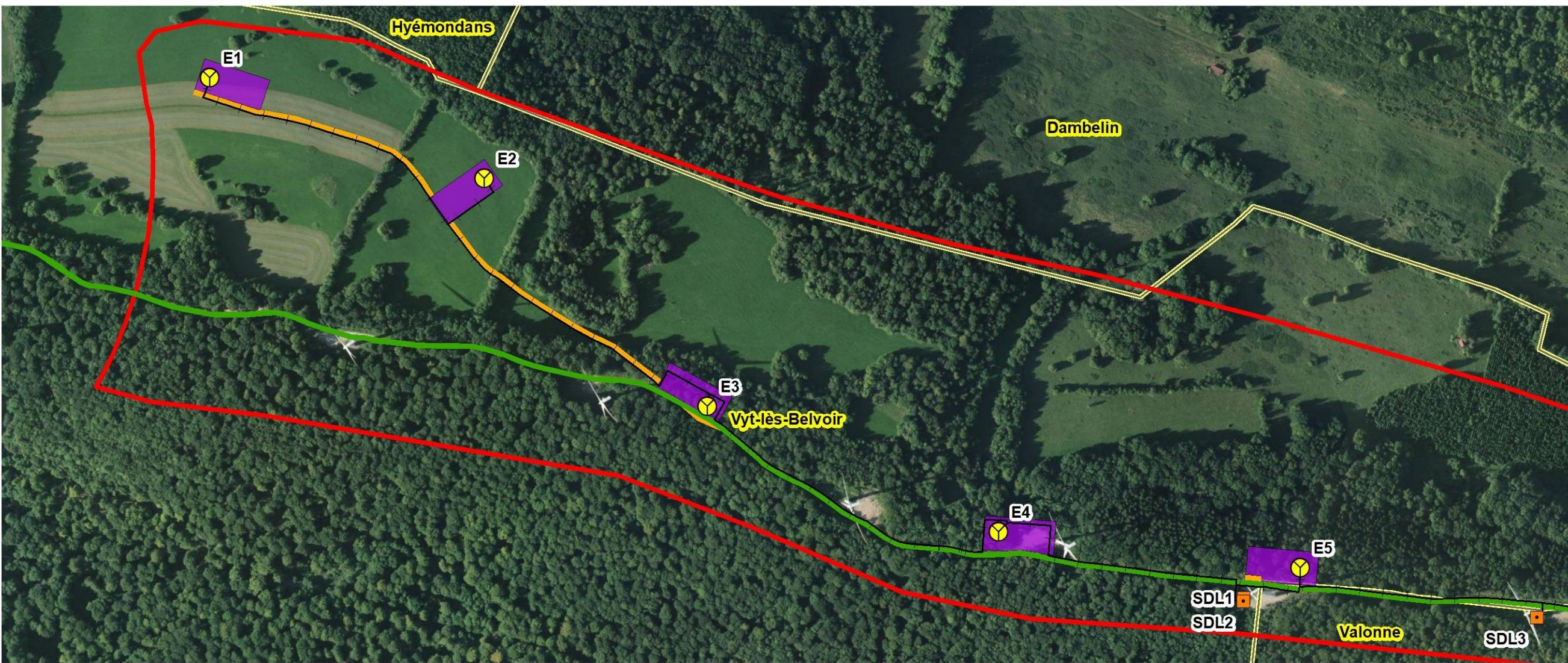
Tableau 2 : Principales caractéristiques du projet de renouvellement du parc éolien du Lomont et définition du gabarit type

Les plans détaillés d'implantation du parc éolien sont disponibles dans le dossier de plans réglementaires, pièce de la Demande d'Autorisation Environnementale.

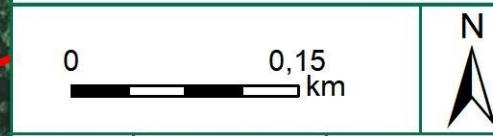
# Repowering du Lomont

## Schéma d'implantation

-  Zone de projet
  -  Structure de livraison (SDL)
  -  Racordement électrique interne enterré
  -  Aire de grutage
  -  Eolienne
  -  Limite communale
- Accès**
-  A créer
  -  Existant
  -  Virage



Fond de plan : IGN Orthophoto®  
Données : ADMIN EXPRESS



Format A3	Echelle : 1:5 000	Date : 11/2021
--------------	----------------------	-------------------



## 5.1. Les éoliennes

### 5.1.1. Caractéristiques générales

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

- **Une fondation**, formant un massif de stabilité en béton armé. Les dimensions de la fondation évoluent entre 15 et 22 m de diamètre selon le type de l'éolienne et de 2 à 3,5 m de profondeur. La fondation est enterrée, seul un insert noyé dans le massif dépasse du sol pour recevoir le premier tronçon de mât.
- **Un mât tubulaire** de 125 m de hauteur maximum (115 m pour les éoliennes E1 et E2), en acier ou plus rarement en béton, constitué de plusieurs sections assemblées les unes aux autres. Il abrite le transformateur (selon constructeur) qui permet d'élever la tension de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique public. L'accès à la nacelle, pour la maintenance, se fait depuis l'intérieur du mât qui est équipé d'une échelle ou d'un moyen de levage, d'un système d'éclairage ainsi que de tous les dispositifs nécessaires à la sécurité des personnes.
- **Une nacelle**, qui abrite le générateur permettant de transformer l'énergie cinétique créée par la rotation du rotor de l'éolienne en électricité et comprend, entre autres, le multiplicateur (boîte de vitesse) et le système de freinage mécanique. Le système d'orientation de la nacelle permet un fonctionnement optimal de l'éolienne en plaçant le rotor dans la direction du vent. La nacelle est généralement constituée de fibres de verre renforcées et supporte une girouette et un anémomètre, ainsi que le balisage aéronautique.
- **Un rotor**, constitué du moyeu et de trois pales en matériaux composites. Il capte le vent et s'oriente face à lui. Son diamètre maximal est de 140 m (135 m pour les éoliennes E1 et E2). Le rotor est fixé dans la nacelle à l'arbre lent, relié dans la plupart des machines à un multiplicateur.

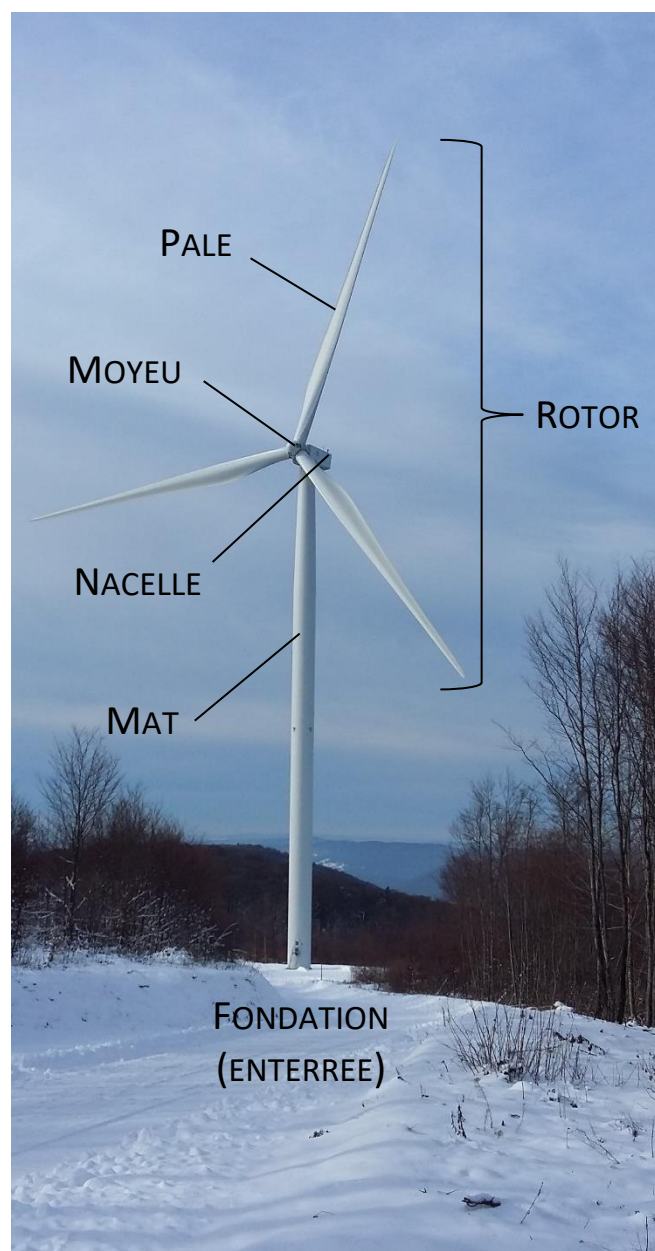


Illustration 3 : Photo descriptive des différentes parties d'une éolienne (Opale)

### 5.1.2. Caractéristiques détaillées

#### a) Les fondations

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

Avant l'érection de l'éolienne, le socle est recouvert de remblais naturels qui sont compactés et nivelés afin de reconstituer le sol initial : seuls 10 à 50 cm de la fondation restent à l'air libre afin d'y fixer le mât de l'éolienne. L'emprise au sol de cet ouvrage, une fois le chantier terminé, se réduit donc à cette partie d'un diamètre de 4 à 11 m maximum. Les matériaux utilisés proviennent de l'excavation qui aura été réalisée pour accueillir le socle.

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

- L'étude d'impact montre, à partir de données bibliographiques, que les caractéristiques du sol ne sont pas incompatibles avec l'installation d'éoliennes. Cette analyse a été menée dans la partie « Etat initial » et « Impacts » du projet (chapitres « Géologie », « Risques naturels » et « Topologie »).
- Le fabricant d'éoliennes fournit des prescriptions pour le dimensionnement des fondations (semelle circulaire ou octogonale, massif poids ou micropieux...), en fonction du type de machine retenu.
- Une étude géotechnique est lancée par le Maître d'Ouvrage dès l'obtention des autorisations. Les sondages réalisés permettant de définir la nature du sol en place ainsi que sa portance. Sur la base du rapport du bureau d'études géotechniques, le type de fondation est affiné. Dans le cas d'une bonne portance du sol existant, une semelle de fondation superficielle sera suffisante. Dans le cas inverse, des substitutions de sol et/ou d'autres types de fondations pourront être envisagées.

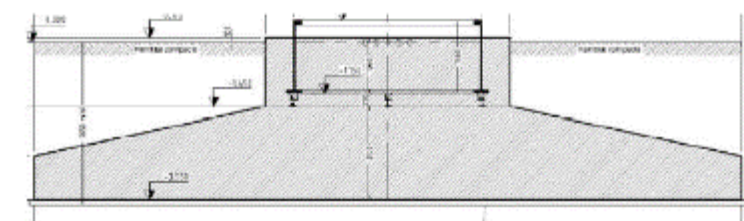


Illustration 4 : Vue en coupe d'une semelle d'éolienne superficielle

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

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

Les dimensions des fondations d'une éolienne sont généralement les suivantes :

- Diamètre enterré : 15 à 22 mètres ;
- Diamètre en surface : 4 à 11 mètres ;
- Profondeur : 2,0 à 3,5 mètres ;
- Ferrailage : environ 40 tonnes ;
- Volume total : environ 500 m<sup>3</sup>.



Illustration 5 : Fondation ( Opale)

#### b) Le mât

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

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

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



Illustration 6 : Le mât (intérieur et tronçon de mât en phase d'installation)

#### c) La nacelle

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

La nacelle contient :

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

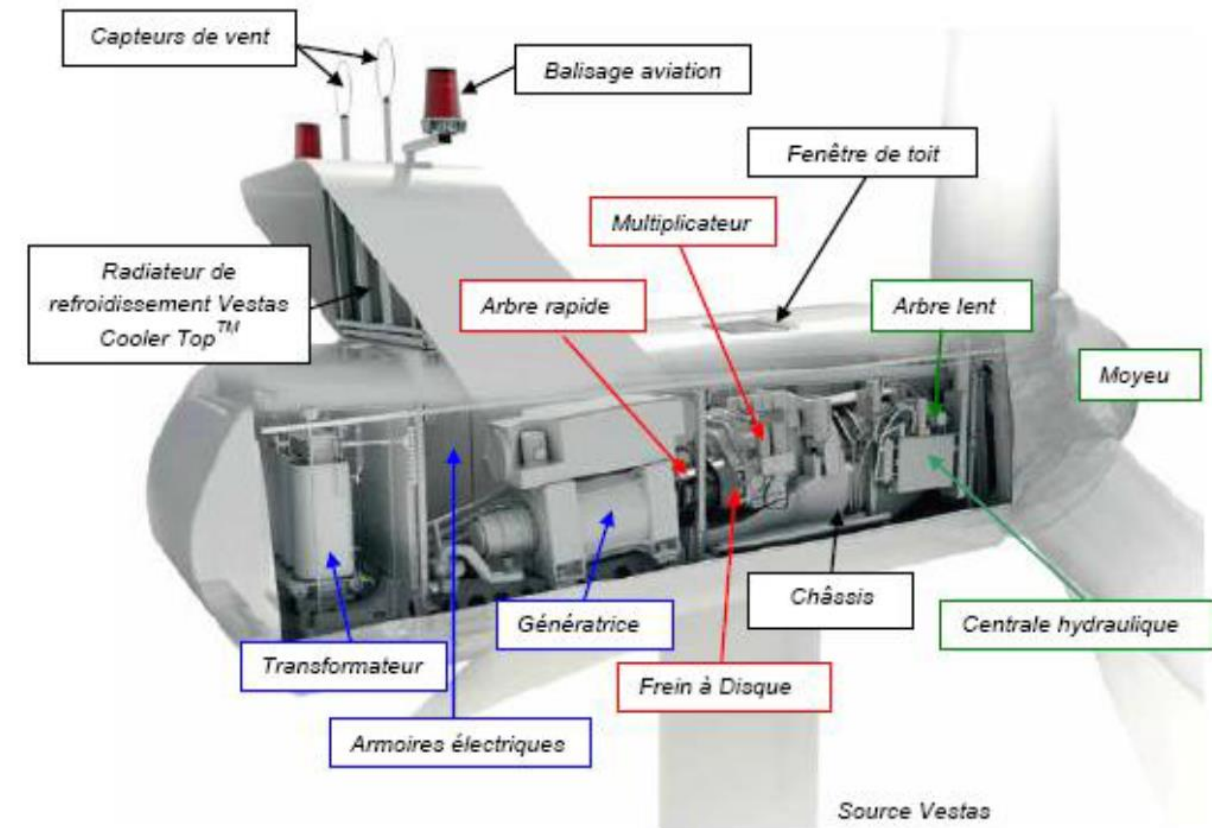


Illustration 7 : Schéma type d'une architecture de nacelle ( Vestas)

#### La chaîne cinématique

La chaîne cinématique se compose de l'arbre du rotor, du disque de blocage du rotor, du palier du rotor et d'un multiplicateur (selon les constructeurs). L'arbre du rotor est relié au moyeu via une bride. Le disque de blocage du moteur permet d'immobiliser le rotor pour certains travaux de maintenance et pour garantir un accès sécurisé au moyeu du rotor. Le multiplicateur permet de passer d'une faible vitesse de rotation du rotor (8 à 15 tours par minute) à une vitesse plus élevée au niveau du rotor de la génératrice (1 500 tours/minute). Aujourd'hui, les évolutions technologiques avancées dispensent certains aérogénérateurs de multiplicateur. Le transfert de l'énergie se fait directement du rotor à la génératrice. C'est le cas chez les constructeurs Enercon et Siemens par exemple. Le frein de maintien du rotor est monté sur l'arbre rapide à la sortie du multiplicateur (système de freinage mécanique).

#### La génératrice

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

Le principe de fonctionnement de cette génératrice à vitesse de rotation variable est issu du concept de génératrice asynchrone à double alimentation couplée à un convertisseur. Ce système assure une puissance débitée continue dont la tension et la fréquence (définies par le réseau) sont indépendantes de la vitesse de rotation du rotor. La vitesse et la puissance sont constamment adaptées aux conditions du vent par le système de commande.

La génératrice produit du courant électrique à une tension de 690 V. Cette tension est transformée en 20 kV par un transformateur installé dans l'éolienne.



La nacelle est posée sur un roulement en haut de la tour, pour s'orienter dans la direction du vent. La plage de fonctionnement de l'éolienne s'étend de 3 m/s à 25 m/s en moyenne (soit 11 km/h à environ 90 km/h). La puissance nominale (puissance maxi de la génératrice) est atteinte à une vitesse de 10 à 13 m/s. Au-delà de 25 m/s (vent très fort au-delà de 90 km/h), le rotor est immobilisé par un frein hydraulique et l'éolienne ne produit plus.

L'éolienne possède également un dispositif de mesure mixte installé sur le dessus de la nacelle, composé :

- D'une girouette qui relève la direction du vent,
- D'un anémomètre qui mesure sa vitesse.

La commande d'orientation de l'éolienne commence à fonctionner même lorsque la vitesse du vent est faible. Même à l'arrêt, en raison par exemple d'une trop grande vitesse du vent, l'éolienne est tournée face au vent.

#### Le transformateur

Il permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur. Il est composé d'un transformateur élévateur ainsi que d'une cellule de protection du transformateur et de cellules interrupteurs-sectionneurs permettant de mettre hors tension les câbles HTA souterrains auxquels l'aérogénérateur est raccordé. Ce poste de transformation peut être situé soit dans la nacelle, soit en pied de mât, et très rarement dans une cabine externe à côté de l'éolienne. Dans l'exemple ci-dessous, il est intégré dans le mât de l'éolienne.

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

La tension à la sortie des transformateurs est de 20 kV. Les câbles HTA internes au parc éolien sont donc également conçus pour véhiculer cette tension.



Illustration 8 : Transformateur inséré dans le mât (Enercon)

#### d) *Le rotor*

Le rotor s'oriente face au vent. La vitesse de rotation des pales varie d'environ 8 à 15 tours/min en fonction de la vitesse du vent et de l'orientation angulaire des pales. Entraîné par le vent, le rotor transfère ce mouvement rotatif à l'arbre de rotor présent dans la nacelle.

Le rotor de l'éolienne est équipé de trois pales en matière synthétique (résine époxy) renforcées de fibres de verre. Les pales jouent un rôle important dans le rendement de l'éolienne et dans son comportement sonore. À l'extérieur, elles sont protégées des intempéries par un revêtement de surface à base de polyuréthane, robuste et très résistant à l'abrasion, aux facteurs chimiques et aux rayons du soleil.

Les pales sont conçues pour fonctionner à angles et vitesses variables. L'angle de chaque pale est contrôlé un système indépendant, et les trois angles sont synchronisés entre eux. L'angle des pales peut être ajusté rapidement et avec précision pour s'adapter aux conditions du vent et réguler la vitesse du rotor. Ce procédé permet d'optimiser la puissance fournie par l'éolienne, et de produire à puissance nominale même pour des courtes durées.

Deux systèmes de freinage permettent d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- Le freinage aérodynamique : chaque pale pivote sur son propre axe, pour se mettre « en drapeau », parallèlement au sens du vent. Elle présente alors une prise au vent réduite, et le rotor s'arrête de tourner.
- Le freinage mécanique, sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Lorsque la tension réseau est en panne, un système de sécurité oriente les pales en drapeau grâce à une alimentation de secours.

## 5.2. Les aires de grutage

Les aires de grutage ont pour fonction de stabiliser le sol afin de supporter la mise en place de grues (600 à 800 t en pratique) pour le montage des éoliennes.

De ce fait, ces plateformes sont construites de manière durable. Les aires de grutage en forêt ont une superficie de 0,29 ha (environ 78 x 37 m) et celles en milieu ouvert une superficie de 0,26 ha (environ 75 x 35 m). Elles sont empierrées, compactées, et présentent des pentes longitudinales et transversales de l'ordre de 1 %.

Leur construction est réalisée en concertation avec l'expert géotechnique et en accord avec le propriétaire foncier et l'exploitant. Leur capacité portante est justifiée par l'expert géotechnique (par exemple via des sondages sous pression) et documentée en conséquence.

Ces aires de grutage servent également à la maintenance des éoliennes et du site en général pendant toute la phase d'exploitation ; elles permettent le stationnement des véhicules, la manœuvre éventuelle d'engins, le dépôt momentané de matériaux, et toutes les autres opérations d'entretien ou de maintenance nécessitant un espace aménagé.

Ces aires de grutage servent également pour les opérations de levage lors de la phase de démantèlement du parc éolien.

### 5.3. Les structures de livraison

Les éoliennes sont raccordées à quatre structures de livraison (SDL) qui seront aménagées sur les plateformes des éoliennes actuelles E5 (2 SDL), E6 et E9 (en entrée de plateforme), maintenues dans le cadre du projet de renouvellement.

Le réseau interne au parc est connecté localement en 20 kV à la structure de livraison qui assure les fonctions suivantes :

- Comptage de l'énergie livrée au réseau par l'ensemble des aérogénérateurs,
- Sécurisation de la livraison d'énergie sur le réseau (présence d'un disjoncteur général avec télé-action bidirectionnelle),
- Sécurisation de la connexion des éoliennes à la structure de livraison par la mise en place d'interrupteurs sur les départs,
- Fourniture d'un signal électrique de qualité aux normes du réseau livré (tension de 20kV ou supérieure), par la gestion des variations rapides de tension et de la distorsion harmonique.

Un réseau de câbles enterrés relie ensuite les structures de livraison au poste source haute-tension le plus proche, pour injecter le courant sur le réseau national.

La structure de livraison comporte un ou deux postes de livraison maximum. Un poste de livraison classique et sans habillage paysager est un module monobloc en béton armé préfabriqué, d'une longueur maximale de 11 m et d'une largeur et d'une hauteur de 3 m. Il comprend un plancher technique en-dessous duquel un vide sanitaire permet le passage des câbles d'interconnexion des cellules et autres éléments électriques. Son accès se fait par des portes généralement en tôle galvanisée.

Les câbles - dont la section varie de 50 mm<sup>2</sup> à 240 mm<sup>2</sup> - ainsi que les lignes de télécommunication (télésurveillance technique) sont enfouis dans la même tranchée. Cette tranchée a une profondeur minimum d'un mètre et une largeur d'approximativement 50 cm. Les câbles (aluminium) répondent aux normes en vigueur (NFC 33-100, NFC 33-223, NFC 33-226). Ils sont disposés au fond de la tranchée sur un lit de sable, et recouverts de sable, d'un filet de protection et de grave.

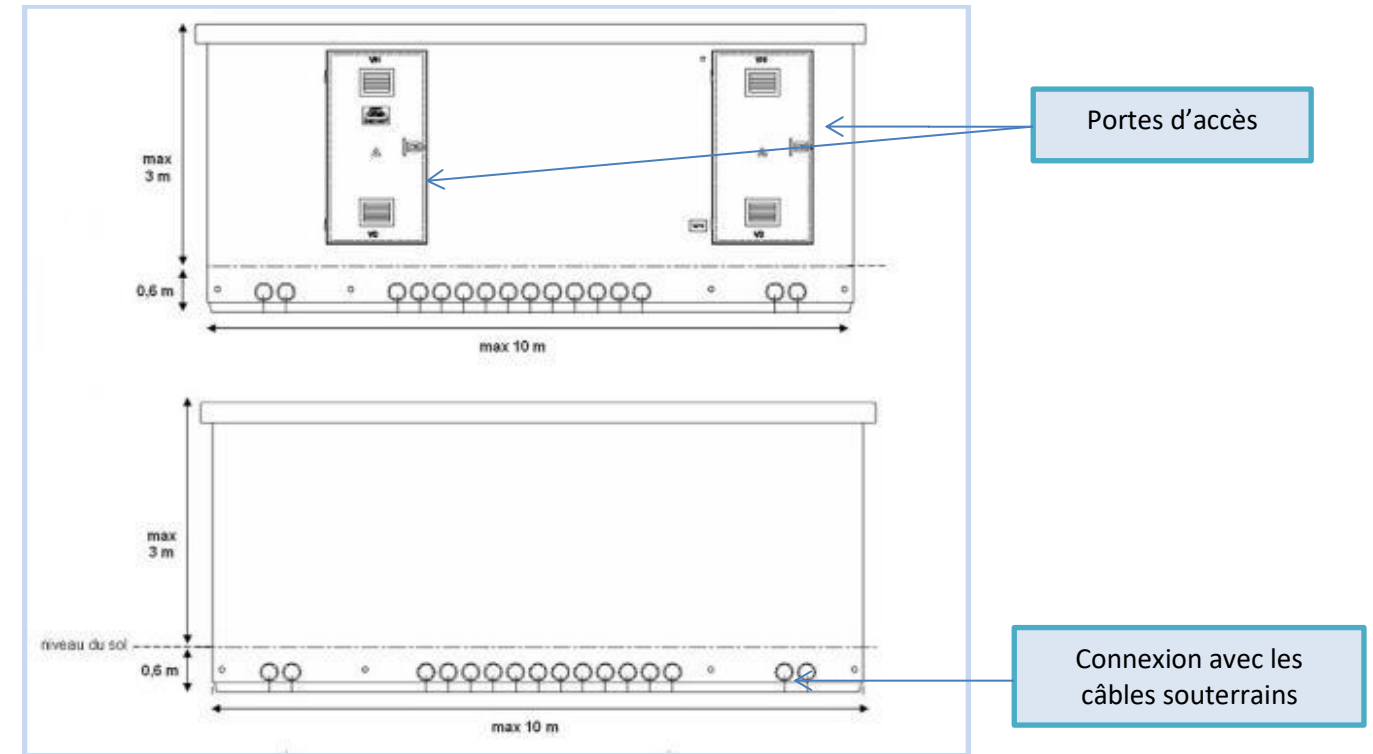


Illustration 9 : Plan type en élévation d'une structure de livraison



Illustration 10 : Exemples de structure de livraison

## 5.4. Les éléments annexes aux installations

### 5.4.1. Le raccordement électrique

La production d'électricité issue des 10 aérogénérateurs d'une puissance unitaire maximale de 4,5 MW (puissance totale maximale de 45 MW) doit être injectée sur le réseau public haute-tension (63 kV et plus) au niveau de postes sources (63 kV ou 225 kV) équipés de transformateurs 20 kV.

La limite de propriété du parc éolien s'arrête à la structure de livraison. Un câble dédié part de la structure de livraison jusqu'au poste source. Ces câbles sont enterrés sous les routes et chemins existants et aucune ligne aérienne ne sera construite. Le tracé et les travaux de raccordement 20 kV de la structure de livraison vers le poste source sont réalisés sous la Maîtrise d'Ouvrage d'Enedis. Les coûts de raccordement sont cependant supportés par l'exploitant du parc éolien.

Le Schéma de Raccordement des Energies Renouvelables (S3REnR) de Franche-Comté, approuvé en septembre 2014, précise les capacités de raccordement au réseau sur les postes sources de la région et fixe le montant de la quote-part pour l'accès au Réseau Public de Transport de l'électricité (RPT).

Le parc éolien existant du Lomont est raccordé au poste de Varoilles, situé à Dambelin à environ 1,4 km au nord du projet. Un test de la ligne existante sera réalisé afin de vérifier si sa réutilisation est techniquement possible. La puissance supplémentaire sera également raccordée sur ce poste.

### 5.4.2. Les voies d'accès

L'accès aux éoliennes s'appuiera très largement sur l'accès existant aux éoliennes en fonctionnement à l'heure actuelle. Seuls les accès à E1 et E2, et dans une moindre mesure à E8, seront à créer. Ainsi seuls 605 m de voie seront à créer essentiellement en milieu ouvert.

Type d'aménagement	Type d'accès	Linéaire	Part sur longueur totale
Voies existantes	Chemin forestier	3 450 m	85 %
Voies à créer	Chemin agricole et forestier	605 m	15 %
<b>Total</b>		<b>4 055 m</b>	<b>100 %</b>

Tableau 3 : Caractéristiques des voies d'accès utilisées sur site

Les pistes à créer et à réaménager sont dimensionnées par rapport aux convois exceptionnels qui y circuleront pour transporter les différents éléments composant les éoliennes (mât, nacelle et pales).

La pente maximale sur laquelle ces convois peuvent se déplacer dans des conditions « normales » est de 12 %. Cependant, il est possible ponctuellement d'aller jusqu'à 18 % en améliorant l'adhérence du revêtement de la piste, voire en utilisant des tracteurs spécifiques. La largeur au sol de bande roulante est de 4,5 à 6 m en ligne droite. En forêt, un déboisement est nécessaire sur 1,5 m de large minimum de part et d'autre de l'accès.

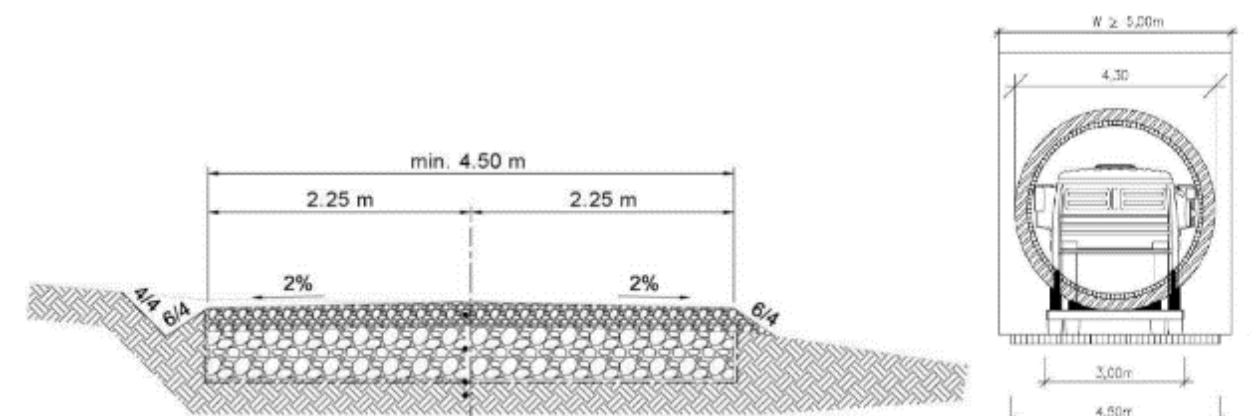


Illustration 11 : Coupe type d'un chemin d'accès et dimensions type des convois exceptionnels

Afin de favoriser l'intégration des pistes de desserte des éoliennes, ces dernières sont recouvertes de matériaux locaux concassés et compactés, aucun revêtement bitumineux n'est appliqué. Les terrassements sont réalisés de façon à minimiser les talus et à permettre une meilleure cicatrisation. La technique de réalisation des pistes facilite la recolonisation herbacée sur les abords.

L'aménagement de ces accès sera précisé avec les bureaux d'études des entreprises de terrassement, en prenant en compte les caractéristiques précises du modèle d'éolienne qui aura été choisi.



Illustration 12 : Accès ouest au parc éolien du Lomont

## 6. Démantèlement du parc éolien existant et construction du parc renouvelé

### 6.1. Travaux préliminaires à la déclaration de début d'exploitation

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

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

### 6.2. Déroulement des travaux

Différentes étapes de construction et d'aménagement rythment le chantier et sont réparties sur une période d'environ 1 an :

- Démantèlement du parc existant et remise en état du site (le cas échéant)
- Aménagement des nouvelles voies d'accès et des nouvelles aires de grutage,
- Excavation, ferrailage, coulage des fondations en béton armé,
- Réalisation du nouveau réseau électrique inter-éolienne,
- Montage des éoliennes par grutage,
- Raccordement électrique des éoliennes au réseau.

Ces étapes sont décrites ci-après.

En termes de planning, la phase construction sera réalisée en trois phases :

- 1<sup>ère</sup> phase : démantèlement du parc éolien existant et remise en état du site ;
- 2<sup>ème</sup> phase : réalisation des voies d'accès, des fondations et des tranchées pour la pose des câbles électriques ;
- 3<sup>ème</sup> phase : montage des éoliennes et remise en état des aires de chantier. Cette phase est séparée de la précédente par un intervalle d'un mois (temps de séchage de la fondation en béton).

La 1<sup>ère</sup> phase devrait s'étaler sur une période de 3 à 5 mois et les deux autres phases devraient durer environ 12 mois.

### 6.3. Démantèlement du parc éolien existant

#### 6.3.1. Contexte réglementaire

Conformément à l'article 98 de la loi « Urbanisme et Habitat » du 02 juillet 2003 codifiée à l'article L.553-3 du Code de l'Environnement, la responsabilité de démanteler le parc éolien à la fin de son exploitation incombe au Maître d'Ouvrage. De plus, l'article 90 de la loi Grenelle II (loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010) précise que « l'exploitant d'une installation produisant de l'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site ».

Les obligations de l'exploitant d'un parc éolien sont spécifiées dans l'Arrêté ministériel 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 soumis à autorisation :

- Le démantèlement des installations de production d'électricité, des postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison ;
- **L'excavation de la totalité des fondations jusqu'à la base de leur semelle**, à l'exception des éventuels pieux. Par dérogation, la partie inférieure des fondations peut être maintenue dans le sol sur la base d'une étude adressée au préfet démontrant que le bilan environnemental du décaissement total est défavorable, sans que la profondeur excavée ne puisse être inférieure à 2 mètres dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable et 1 m dans les autres cas. Les fondations excavées sont remplacées par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation ;
- **La valorisation des déchets de démolition et de démantèlement** ou leur élimination dans les filières autorisées à cet effet ;
- **La remise en état du site avec le décaissement des aires de grutage et des chemins d'accès sur une profondeur de 40 centimètres** et le remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation, sauf si le propriétaire du terrain sur lequel est sise l'installation souhaite leur maintien en l'état.

En ce qui concerne la valorisation des déchets de démolition et de démantèlement, 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 impose des taux minimums de réutilisation et/ou de recyclage des équipements et des déchets du parc démantelé.

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

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

### 6.3.2. Les travaux de démantèlement

Les différentes étapes du démantèlement d'un parc éolien sont présentées dans le tableau suivant.

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. Un cahier des charges environnemental sera fourni aux entreprises intervenant sur le chantier de démantèlement.

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		Durée indicative
Installation du chantier	Mise en place de panneaux signalétiques de chantier, des dispositifs de sécurité, du balisage de chantier autour des éoliennes et de la mobilisation, location et démobilitation de la zone de travail	10 jours
Découplage du parc	Mise hors tension du parc au niveau des éoliennes, mise en sécurité des éoliennes par le blocage de leurs pales, rétablissement du réseau de distribution initial dans le cas où ENEDIS ne souhaiterait pas conserver ce réseau	1 semaine
Démontage, évacuation et traitement de tous les éléments constituant les éoliennes	Procédure inverse au montage : utilisation de grues pour démonter les éléments des éoliennes et les poser à terre.	6 jours / éolienne
	Evacuation tous les déchets (éléments d'éoliennes) vers des filières idoines de valorisation et de traitement	4 jours / éolienne
Démantèlement des fondations	Les fondations seront excavées en totalité jusqu'à la base de leur semelle, à l'exception des éventuels pieux	5 jours / éolienne

Tableau 4 : Principaux types de travaux de démantèlement et de remise en état d'un parc éolien

#### a) Démantèlement des structures de livraison

Pour le démantèlement des structures de livraison, la procédure mise en œuvre est la suivante :

- Déconnexion des câbles électriques,
- Enlèvement des structures de livraison (levage monobloc à la grue) et évacuation sur un camion plateau,
- Remise en forme du terrain.

#### b) Démantèlement du réseau de raccordement

Le réseau électrique enterré inter-éoliennes jusqu'à la structure de livraison est constitué de fibres optiques et de câbles électriques composés d'aluminium et d'un isolant en polyéthylène. Il est enfoui à une profondeur minimum de 80 centimètres.

L'arrêté du 06 novembre 2014 modifie l'arrêté ICPE du 26 août 2011 et précise dans l'article 1 de ce dernier que « le démantèlement des installations de production d'électricité, des postes de livraison ainsi que des câbles se feront dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison. »

Les portions de câble démantelées sont vendues et recyclées (récupération de l'aluminium notamment).

#### c) Démantèlement des éoliennes

Une fois les éoliennes mises hors service, les différents éléments les constituant sont démontés, dans l'ordre inverse de celui du montage. Le démantèlement nécessite les mêmes moyens que ceux employés lors de l'assemblage (cf. paragraphe 6.4.5).

Cette opération est très rapide. Une fois le câblage intérieur déconnecté, il suffit de déboulonner les pales, puis la nacelle et le rotor, et enfin les 3 tronçons dont est constitué le mât.

Le démontage requiert toutefois de mobiliser une grue de 500 T. Très imposante, celle-ci ne peut cheminer par la piste d'une aire de grutage à une autre. Elle devra être démontée après chaque éolienne pour être remontée sur l'aire de grutage de l'éolienne suivante.

Hors fondations, le matériau principal de l'éolienne est l'acier, qui compose le mât et la structure de la nacelle, et représente 80 % de la masse totale de l'éolienne. Les pales et le carénage de la nacelle sont constitués de matériaux composites (résine, fibre de verre et fibre de carbone). Les équipements intérieurs comportent notamment de l'acier, du cuivre, de l'aluminium, des matériaux polymères et des composants électroniques (source : Vestas<sup>1</sup>)

Les parties métalliques qui constituent la majeure partie du poids du mât et de la nacelle se recyclent sans problème dans les filières existantes.

Les matériaux composites sont quant à eux couramment broyés et incinérés en cimenterie avec récupération de chaleur, les cendres pouvant servir ensuite de matière première dans la fabrication du ciment. Ces matériaux font l'objet de nombreuses recherches visant à dissocier les fibres et la résine qui les composent pour permettre leur recyclage. Une évolution technologique rapide est attendue.

Les autres matériaux sont triés selon leur nature et évacués pour recyclage, incinération ou enfouissement.

Il convient également de noter qu'il existe des marchés de l'occasion pour les anciennes éoliennes ainsi que de reconditionnement des pièces détachées.

#### d) Démantèlement des fondations

Une fois les éoliennes, les postes de livraison et le réseau électrique retirés, la fondation en béton armé est démolie, sauf si cette démolition présente un bilan environnemental défavorable auquel cas la partie inférieure peut être maintenue dans le sol (ce ne sera pas le cas dans le cadre du projet de renouvellement du parc éolien du Lomont). Le démantèlement des fondations s'effectue selon la séquence suivante :

- Terrassement pour dégagement des fondations,
- Démolition de la totalité des fondations à l'aide d'un brise-roche hydraulique,
- Récupération, transport et recyclage ou mise en décharge des matériaux (gravats de béton, acier des ferrailages).

Le béton constitue un matériau inerte. Une fois concassé, il peut être valorisé en tant que granulats et utilisé comme matériau sur les chantiers de terrassement.

<sup>1</sup> Vestas, « Life Cycle Assessment of electricity production from an V90-2.0MW gridstreamer wind plant, 2011

Le béton armé comporte également des ferrillages. Ceux-ci sont évacués dans une filière de recyclage de l'acier. L'emplacement des fondations des éoliennes existantes sera comblé par les matériaux extraits des excavations nécessaires à la réalisation des nouvelles fondations.



Illustration 13 : Démantèlement d'une fondation (Actu-Environnement)

#### e) Remise en état du site

Conformément à l'article 20 de l'arrêté modifié du 26 août 2011, la remise en état des aires de grutage et des chemins d'accès consistera à décaisser le sol sur une profondeur de 40 centimètres et à le remplacer par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation, sauf si le propriétaire du terrain sur lequel est sise l'installation souhaite leur maintien en l'état.

Les dispositions de remise en état des aires de grutage du parc éolien du Lomont sont actuellement discutées avec chaque propriétaire (privé ou communal).

Certaines éoliennes existantes se situent en forêts communales : les éoliennes E1 et E2 sur la commune de Vyt-lès-Belvoir, les éoliennes E5, E6 et E7 sur la commune de Valonne. Les deux communes ont vu dans les plateformes des éoliennes des opportunités d'aménagement.

La commune de Vyt-lès-Belvoir souhaiterait que la plateforme de l'éolienne E1 existante soit mise à disposition de la gestion forestière en tant qu'aire de stockage ou aire de retournement. La commune de Valonne souhaiterait que la plateforme de l'éolienne E5 (celle où se situe le point de vue) soit dotée d'une zone d'accueil du public pour conserver une ouverture sur le paysage et que la plateforme de l'éolienne E6 serve de zone de stockage des bois. Un reboisement est envisagé sur les plateformes des éoliennes E2 et E7, si les conditions stationnelles (sols notamment) le permettent.

Ces axes de réflexions seront soumis à l'appréciation des services de l'état dans le cadre de l'instruction du dossier.

En ce qui concerne les éoliennes actuellement implantées en terrains privés (E3, E4, E8, E9 et E10) :

- Les plateformes des éoliennes E4 et E10 seront réutilisées (au moins partiellement) dans le cadre des aménagements du parc renouvelé.
- Les autres plateformes (E3, E8 et E9) feront l'objet d'une remise en état sauf si les propriétaires souhaitent conservés tout ou partie de la plateforme. Un reboisement des emprises en forêt pourra être proposé aux propriétaires concernés. Les emprises en zone agricoles seront remises en pâtures.

Le chemin d'accès aux éoliennes existantes sera réutilisé dans le cadre du projet de renouvellement et laissé en l'état.

## 6.4. Construction du parc éolien renouvelé

### 6.4.1. Création des chemins d'accès et des plateformes

La première étape de construction du parc est la réalisation des chemins d'accès sur le site ainsi que des aires de grutage, de dimensions approximatives 37 x 78 mètres (0,29 ha) en forêt, 35 x 75 mètres (0,26 ha) en milieu ouvert.

Cette étape comprend les opérations suivantes :

- Création de piste d'accès de 4,5 m minimum de bande roulante ;
- Renforcement de chemins forestiers existants utilisés ;
- Réalisation des aires de grutage.

Le principe de construction / renforcement des chemins d'accès et des plateformes est le suivant :

- Rabotage / mise à niveau de la piste ;
- Apport de grave sur une épaisseur variant de 20 à 40 cm ;
- Compactage.

### 6.4.2. Etapes et modalités de déboisement

Concernant les aménagements en forêt, un déboisement préalable est nécessaire avant les travaux de mise à niveau de la piste et des plateformes.

Les principales étapes du déboisement sont les suivantes :

- Passage d'un géomètre pour délimiter précisément les emprises forestières des aménagements ;
- Martelage des arbres à couper ;
- Dialogue et visite de terrain avec les propriétaires des forêts concernées par le projet, dans le but d'identifier les volumes des coupes à opérer et déterminer leur devenir. Pour les parcelles communales relevant du régime forestier, l'ONF est sollicité pour le martelage et la définition de la destination des coupes :
  - En bois de chauffage destiné à l'affouage ou à la vente, libéré par l'ONF et géré ensuite par les communes,
  - En bois d'œuvre, destiné à la vente et géré par l'ONF,
  - En gyrobroyage dans le cas où aucun arbre de qualité n'apparaisse, potentiellement destiné à la production de plaquette forestière (filière bois-énergie) ;
- Dessouchage le cas échéant.

L'exploitation forestière en phase de chantier est prise en charge par l'exploitant, les travaux étant supervisés par l'ONF, gestionnaire des bois communaux. Ces intervenants utiliseront les meilleures techniques disponibles pour permettre la préservation des habitats naturels.

### 6.4.3. Réalisation des fondations

Comme vu dans les caractéristiques détaillées des éoliennes (cf. paragraphe 5.1.2. a), une étude géotechnique détaillée est réalisée pour chaque éolienne avant la réalisation des fondations.

La réalisation même des fondations comprend les opérations suivantes :

- Décapage avec stockage temporaire sur site de la terre arable superficielle,
- Terrassement de l'excavation,
- Ferrailage avec mise en place de l'insert,
- Coffrage et bétonnage des socles de fondation,
- Séchage des fondations puis remblaiement.

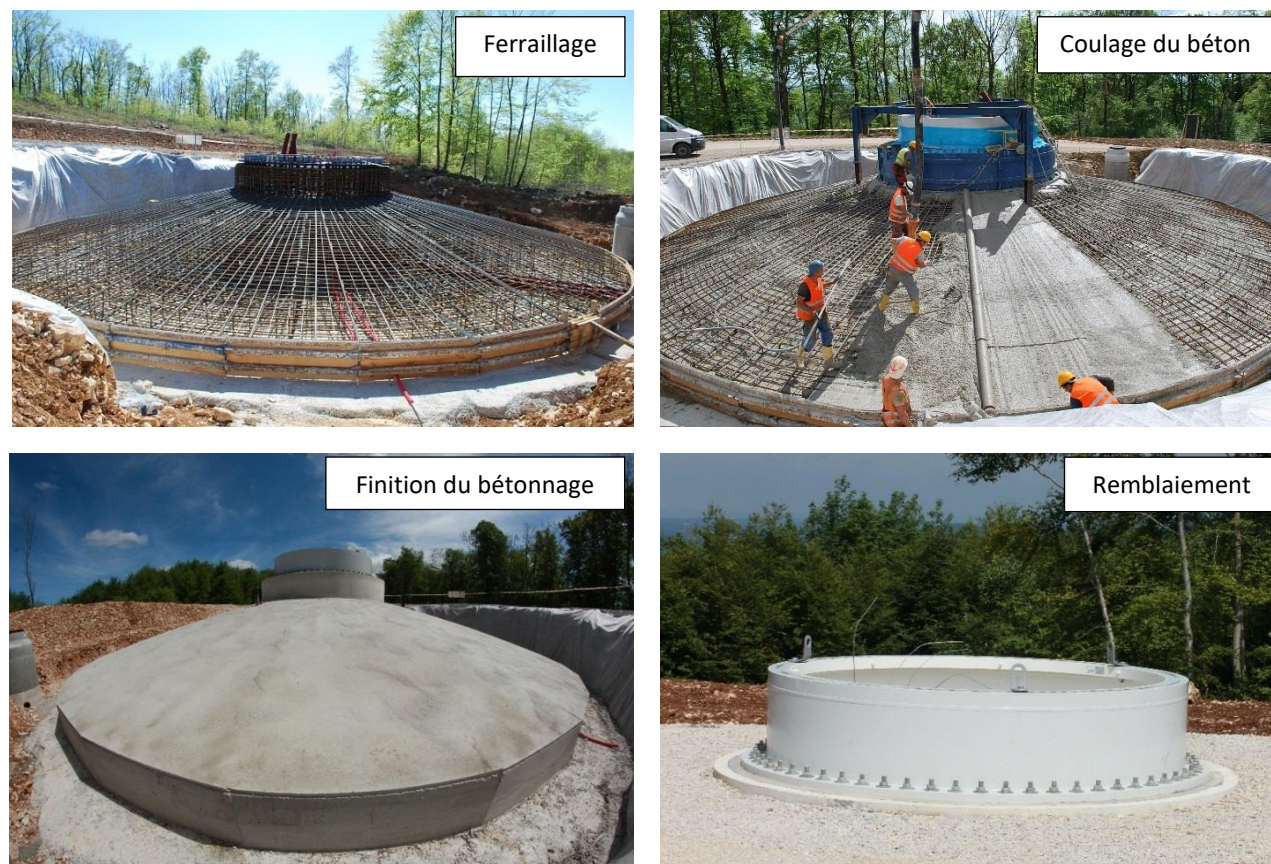


Illustration 14 : Fondation type d'une éolienne avec le système de fixation du mât (Opale)

Les fondations types sont circulaires et se composent d'une semelle de 15 à 22 m de diamètre sur 2,0 à 3,5 m de profondeur.

La fixation du mât est assurée par boulonnage à la base sur les ancrages en tiges filetées formant une « cage d'écureuil » noyée dans le massif sur toute sa hauteur.

Les massifs sont recouverts de tout-venant, ne laissant apparaître que la tête du massif et l'insert sur lequel est boulonné le mât.

### 6.4.4. Réalisation du réseau électrique inter-éoliennes

Le réseau inter-éoliennes sert pour le transport et l'évacuation de l'électricité produite par les éoliennes vers la structure de livraison. Il se compose de câbles électrique HTA enfouis à 0,8 m de profondeur minimum. Ces câbles longeront essentiellement les chemins d'accès.

### 6.4.5. Mise en place des éoliennes

Cette étape comprend les opérations suivantes :

- Acheminement des segments de mât, de la nacelle et des pales,
- Levage et assemblage des pièces à l'aide d'une grue. La position de la grue sera déterminée directement par le monteur levageur. La grue principale (de type mobile de 600 à 800 T) est positionnée à environ 20 m du centre de la fondation. Une grue secondaire (80 T mobile) est placée derrière la grue principale.
- Câblage électrique de l'éolienne,
- Mise en service industrielle du parc (début de production d'énergie).

Le montage des éoliennes est réalisé à l'aide de deux grues, une pour réaliser la mise en position des composants, et l'autre pour les lever et les assembler. La grue principale (de type mobile, de 600 à 800 T) est positionnée à environ 20 m du centre de la fondation. Une grue secondaire (80 T mobile) est placée derrière la grue principale.

Les composants sont assemblés sur la fondation dans l'ordre suivant :

- La virole d'ancrage servant de liaison entre la fondation et le mât ;
- Les éléments du mât, boulonnés sur la virole puis entre eux ;
- La nacelle, boulonnée sur le mât ;
- Le moyeu, boulonné sur la nacelle ;
- Les pales, boulonnées sur le moyeu (montage pale par pale en milieu forestier).

En attendant d'être assemblés, les composants (mât, nacelle, moyeu, pales) sont stockés sur les aires de grutage.

### 6.4.6. Remise en état des emprises du chantier

Cette étape comprend les opérations suivantes et dépend du type de chantier :

- Décompactage des zones provisoires de dépôt et de montage. Les chemins d'accès et les plateformes sont conservés pour les opérations de maintenance durant la phase d'exploitation.
- Mise en œuvre de la terre arable (stockée lors du décapage) sur les abords des chemins, les zones de stockage non permanentes et les abords d'aires de grutage.



Illustration 15 : Montage du mât de l'éolienne (Monts du Lomont)

#### 6.4.7. Raccordement électrique des éoliennes au réseau

Cette étape consiste en la réalisation du réseau HTA (20 000 volts) reliant le parc éolien au poste source via les structures de livraison du parc. Le raccordement est prévu, tout comme le parc éolien existant, au poste source de Varoilles (commune de Dambelin). Les 2 câbles existants peuvent être réutilisés. Toutefois, leur capacité n'est que de 26 MW au maximum : des câbles supplémentaires devront être tirés jusqu'au poste source pour véhiculer le reste de la puissance envisagée pour le nouveau parc (jusqu'à 45 MW). Ce raccordement est réalisé par Enedis, à la charge de l'exploitant du parc.

### 6.5. Transport

L'aménagement du parc éolien entraîne l'intervention de différents corps de métiers nécessitant des engins de fort tonnage et des véhicules légers plus courants. La majeure partie des convois de fort tonnage concerne les phases de travaux liées à :

- Le démantèlement du parc existant et l'évacuation des matériaux
- La réalisation et l'aménagement des accès,
- La réalisation des fondations,
- La livraison des éoliennes et de la structure de livraison,

Pour la création de portions de pistes ainsi que le remblaiement des fondations des éoliennes actuelles, les matériaux proviennent en partie de l'excavation des fondations des nouvelles éoliennes. Le complément de matériaux nécessaire sera acheminé depuis les carrières les plus proches, ce qui peut représenter plusieurs dizaines de passages pour l'ensemble des pistes du parc éolien.

Pour la réalisation d'une fondation (environ 500 m<sup>3</sup>), environ 50 toupies (10 m<sup>3</sup> chacune) sont nécessaires pour le coulage du béton, ce qui représente le passage d'autant de véhicules. Pour apporter le ferrailage, deux camions supplémentaires par fondation sont nécessaires. Le parc éolien comportant 10 éoliennes, environ 520 passages de camions sont à prévoir pour la réalisation des fondations.

Pour la livraison des différents composants d'une éolienne (pales, mâts, nacelle, transformateur et petit matériel), une dizaine de camions de type « convoi exceptionnel » sont nécessaires par machine. Le parc éolien comportant 10 éoliennes, environ 100 passages de véhicules sont à prévoir pour l'acheminement des différentes pièces. Un camion est également à prévoir pour la structure de livraison.

Des passages de véhicules de moindre tonnage sont à prévoir pour :

- La réalisation et l'enfouissement des réseaux (câbles électriques, fibre optique),
- Les allers et venues du personnel du chantier,
- Le transport de petit matériel.

Au total, le chantier lié à l'installation des éoliennes engendrera le trafic d'environ 630 camions.

Concernant le démantèlement des éoliennes actuelles, Le trafic de camions est similaire à celui constaté pour les opérations de construction d'un parc éolien. Ainsi, le démantèlement des 10 éoliennes actuellement en fonctionnement devraient générer un trafic d'environ 600 camions.

Le passage de ces véhicules est à répartir sur toute la durée du chantier, ce qui dilue le flux de camions. Certaines opérations comme la réalisation des fondations sont ponctuelles et nécessitent du passage fréquent sur un temps réduit. D'autres sont plus espacées dans le temps, ce qui limite le nombre de passages quotidiens.

Des engins de chantier seront également nécessaires pour le montage des éoliennes et la réalisation des pistes, des fondations et des réseaux : bulldozers, pelleteuses, grues et compacteurs.



Illustration 16 : Transport d'éléments de mât (Opale)



Illustration 17 : Transport d'une pale (Opale)



## 7. Exploitation du parc éolien

### 7.1. Fonctionnement d'une éolienne

Les données telles que la direction et la vitesse du vent sont mesurées en continu pour adapter le mode de fonctionnement de l'éolienne en conséquence.

#### Démarrage de l'éolienne

La procédure de démarrage automatique est lancée lorsque la vitesse moyenne du vent mesurée pendant 3 minutes consécutives est supérieure à la vitesse de vent requise pour le démarrage (3 m/s).

L'énergie produite est injectée sur le réseau de distribution dès que la limite inférieure de la plage de vitesse est atteinte. La connexion au réseau par le biais d'un circuit intermédiaire de courant continu et de convertisseurs évite les courants de démarrage élevés pendant la procédure de démarrage.

#### Fonctionnement normal

Entre environ 3 m/s et 12 m/s, le régime de rotation et la puissance augmentent progressivement avec l'augmentation de la vitesse du vent. Au-delà d'environ 12 m/s, on atteint la puissance nominale de l'éolienne : la puissance produite reste la même jusqu'à environ 25 m/s.

La position de la nacelle est ajustée en fonction de la direction du vent et l'état de tous les capteurs est enregistré. La vitesse de rotation, le débit de puissance et l'angle des pales sont constamment adaptés aux changements du régime des vents. Au-delà d'une certaine vitesse, l'angle des pales du rotor est modifié de quelques degrés pour éviter une distorsion de l'écoulement de l'air sur les pales (effet de décrochage).

#### En cas de vent fort

Au-delà d'environ 25 m/s, les pales se mettent « en drapeau », le rotor est bloqué par un frein à disque et la production est stoppée.

#### Arrêt de l'éolienne

Le système de commande automatique arrête l'éolienne en cas de fonctionnement perturbé, ou encore si les conditions de vent sont défavorables. L'éolienne peut également être arrêtée à l'aide de l'interrupteur marche/arrêt (armoire de commande). Le rotor est freiné de façon aérodynamique par la seule modification de l'inclinaison des pales. L'éolienne peut redémarrer automatiquement ou non selon le type de dysfonctionnement.

Si nécessaire, l'éolienne peut être stoppée immédiatement en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence (armoire de commande). En plus du système de frein aérodynamique, un frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée. Une fois l'urgence passée, le bouton d'arrêt d'urgence doit être réarmé pour permettre le redémarrage de l'éolienne.

#### Dévrillage des câbles

Les câbles de puissance et de commande de l'éolienne provenant de la nacelle descendent au sol par un dispositif de guidage fixé aux parois du mât. Le rotor s'orientant face au vent, la rotation de la nacelle peut entraîner progressivement une torsion des câbles. Bien qu'ils disposent d'une liberté de mouvement suffisante pour permettre à la nacelle de tourner plusieurs fois dans la même direction autour de son axe, le système de commande de l'éolienne fait en sorte que les câbles soient automatiquement dévillés.

### 7.2. Exploitation et maintenance du parc éolien

La durée de vie d'un parc éolien est en moyenne de 20 à 30 ans, dès lors que les installations sont régulièrement entretenues.

#### **7.2.1. Maintenance programmée**

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

La maintenance sera conforme aux termes de l'Arrêté du 26 Août 2011 consolidé au 12 juin 2017<sup>2</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. ».*

#### **7.2.2. 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.

#### **7.2.3. Maintenance périodique biannuelle**

Le retour d'expérience des nombreuses éoliennes mises en service à travers le monde, l'analyse fonctionnelle des parcs éoliens et l'analyse des diverses défaillances ont permis de définir des **plans de maintenance** permettant d'optimiser la production électrique des éoliennes en minimisant les arrêts de production. Des cycles de maintenance ont lieu **tous les 6 mois**. Ces maintenances permettent de contrôler les éléments suivants :

- Inspection générale (inspection visuelle, détection de bruits de fonctionnement anormaux...);
- Contrôle des systèmes d'orientation des pales (position, lubrification, état des roulements, du système de parafoudre, infiltration d'eau, etc.);
- Contrôle/test des principaux éléments mécaniques, des capteurs, des 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.

<sup>2</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.

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.

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

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

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

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

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

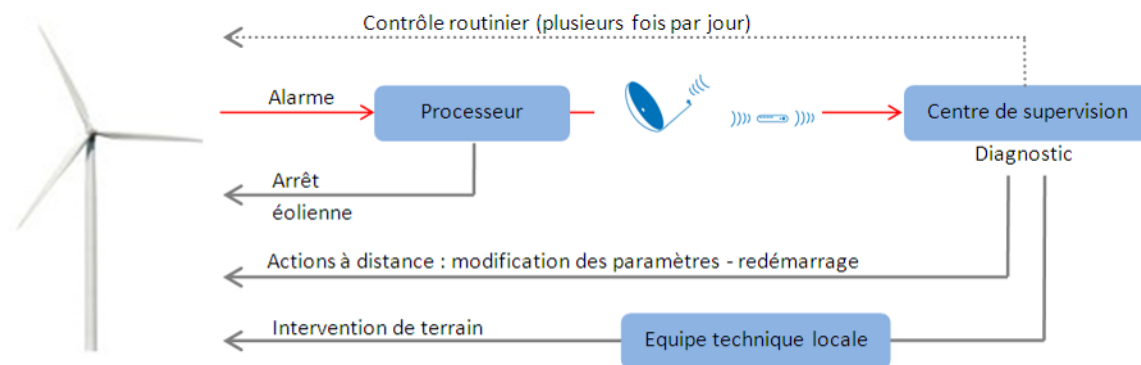


Illustration 18 : Communication - Système de supervision et d'intervention

### 7.3. Travaux de démantèlement

Les travaux de démantèlement du parc renouvelé se dérouleront de manière similaire aux travaux de démantèlement du parc actuel, tels que décrits dans le paragraphe 6.3.

La remise en état des secteurs aménagés du parc renouvelé se fera conformément aux dispositions de l'arrêté ministériel 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 soumis à autorisation.

Ainsi :

- Le démantèlement des installations de production d'électricité, des postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison ;
- L'excavation de la totalité des fondations jusqu'à la base de leur semelle, à l'exception des éventuels pieux. Par dérogation, la partie inférieure des fondations peut être maintenue dans le sol sur la base d'une étude adressée au préfet démontrant que le bilan environnemental du décaissement total est défavorable, sans que la profondeur excavée ne puisse être inférieure à 2 m dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable et 1 m dans les autres cas. Les fondations excavées sont remplacées par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation ;
- La valorisation des déchets de démolition et de démantèlement ou leur élimination dans les filières autorisées à cet effet ;
- La remise en état du site avec le décaissement des aires de grutage et des chemins d'accès sur une profondeur de 40 centimètres et le remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation, sauf si le propriétaire du terrain sur lequel est sise l'installation souhaite leur maintien en l'état.

Les dispositions de remise en état seront ainsi discutées avec chaque propriétaire (privé ou communal). Des reboisements pourront être envisagés pour les aires de grutage des éoliennes situées en forêt et une remise en pâtures pour celles situées en zones agricoles. Certaines plateformes pourront être mises à disposition de la gestion forestière en tant qu'aire de stockage de bois ou aire de retournement.

### 7.4. Les garanties financières

L'obligation de constituer des garanties financières de démantèlement des éoliennes est définie à l'article L.553-3 du Code de l'Environnement.

« L'exploitant d'une installation produisant de l'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent ou, en cas de défaillance, la société mère est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site, dès qu'il est mis fin à l'exploitation, quel que soit le motif de la cessation de l'activité. Dès le début de la production, puis au titre des exercices comptables suivants, l'exploitant ou la société propriétaire constitue les garanties financières nécessaires. »

Le décret n° 2011-985 du 23 août 2011 pris pour l'application de l'article L.515-46 du Code de l'Environnement et l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent issu de la loi environnementale portant engagement national pour l'environnement (dite Grenelle II) fixent les modalités de fixation des garanties financières.

Le montant de cette garantie financière est défini dans l'annexe I de 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. L'actualisation de ce montant est définie par l'annexe II de ce même arrêté.

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

$$M = \sum (Cu)$$

où :

- M est le montant initial de la garantie financière d'une installation ;
- Cu est le coût unitaire forfaitaire d'un aérogénérateur aux conditions économiques d'août 2011. Il correspond aux opérations de démantèlement et de remise en état du site.

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

- Lorsque la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est inférieure ou égale à 2 MW :

$$Cu = 50\ 000\ \text{€}$$

- Lorsque sa puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est supérieure à 2 MW :

$$Cu = 50\ 000 + 10\ 000 * (P-2)$$

où :

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

Les garanties financières seront établies à la mise en service du parc éolien. Aucune date ne peut être retenue étant donné que plusieurs paramètres sont à prendre en compte tels que la date de l'arrêté préfectoral autorisant le parc éolien.

Le montant des garanties financières pour le parc éolien actuel du Lomont comprenant 10 éoliennes d'une puissance unitaire de 2 MW, calculé via la formule précédente, était de 500 000 euros (aux conditions économiques de 2011), et devra être actualisé à la date de constitution des garanties financières. Cette somme se répartit entre les deux exploitants du parc au prorata de leur nombre d'éoliennes, soit 250 000 euros pour ERG et 250 000 euros pour EDF Renouvelables.

Il est rappelé qu'en application de l'article R.515-101 du code de l'environnement, en cas de défaillance de la société exploitante, la société mère est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site.

La garantie apportée par la société exploitante pour le démantèlement se situe donc à trois niveaux :

- Un provisionnement du coût des travaux durant l'exploitation ;
- La constitution de garanties financières ;
- La responsabilité de la maison mère.