Dossier d'Enquête Publique :

Volume 2 – Etude d’impact Environnemental

Janvier 2023

C.E.P.E. Les Chesnots

Dossier de demande d’Autorisation Environnementale

C.E.P.E. « Les Chesnots »

330 rue du Mourelet – ZI de Courtine

84000 – Avignon, France

La **CEPE CHESNOTS** est une société par actions simplifiée à associée unique ayant son siège social au 330, rue du Mourelet, Z.I. de Courtine, 84000 Avignon, enregistrée au Registre du Commerce et des Sociétés d'Avignon sous le numéro 838 048 650 (ci-après dénommée « **CEPE CHESNOTS** »). La **CEPE CHESNOTS** est une filiale de Q ENERGY France, anciennement dénommée RES SAS.

La société CEPE CHESNOTS, filiale de Q ENERGY France, anciennement dénommée RES S.A.S., s'appuiera naturellement sur les capacités techniques de sa société mère. Pour mémoire, Q ENERGY France, autrefois affiliée au Groupe RES, est désormais une entreprise de la holding européenne Q ENERGY Solutions, créée en 2021 par Hanwha Solutions dans l'objectif de conduire à la prochaine génération de production d'énergie verte et flexible en Europe. Basée à Berlin, Q ENERGY Solutions est une société sœur de Q CELLS, fabricant de modules photovoltaïques reconnu à travers le monde.

Au 1er mars 2022, RES SAS change de nom et d'identité visuelle pour devenir Q ENERGY France. La structure Q ENERGY France ne change pas : il y a une continuité de l'existence juridique, financière et humaine de l'ancienne dénomination, RES SAS.

Avant-propos

CEPE CHESNOTS, société par actions simplifiées à associé unique ayant son siège social au 330, rue du Mourelet, Z.I. de Courtine, 84000 Avignon, enregistrée au Registre du Commerce et des sociétés d'Avignon sous le numéro 838 048 650 (ci-après dénommée "CEPE CHESNOTS représentée par Monsieur Jean-François PETIT, Directeur Général, a le plasir de vous soumettre le dossier de demande d'autorisation envirennementale relatif à la centrale éolienne Les Chesnots sur la commune d'Eragny-sur-Epte, (60 - Oise) qui se compose des pièces suivantes:

- Volume 1 - Description de la demande et pièces administratives et règlementaires
- **Volume 2 - Etude d'Impact sur l'Environnement**
- Volume 3 - Etude de Dangers
- Volume 4 - Expertises spécifiques
- Volume 5 - Note de présentation non technique

Le présent volume 2/5 du dossier, constitue l'Etude d'Impact sur l'Environnement du projet éolien Les Chesnots.

3 DESCRIPTION DU PROJET

L'étude d'impact doit présenter une « *description du projet, y compris en particulier : une description de la localisation du projet ; une description des caractéristiques physiques de l'ensemble du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition nécessaires, et des exigences en matière d'utilisation des terres lors des phases de construction et de fonctionnement ; une description des principales caractéristiques de la phase opérationnelle du projet, relatives au procédé de fabrication, à la demande et l'utilisation d'énergie, la nature et les quantités des matériaux et des ressources naturelles utilisés ; une estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, tels que la pollution de l'eau, de l'air, du sol et du sous-sol, le bruit, la vibration, la lumière, la chaleur, la radiation, et des types et des quantités de déchets produits durant les phases de construction et de fonctionnement* ».

Article R.122-5 du code de l'environnement

Un parc éolien composé de 6 aérogénérateurs pouvant développer jusqu'à 25,2 MW de puissance cumulée

3.1 Description générale du projet de parc éolien des Chesnots 69
3.1.1 Présentation simplifiée d'une éolienne et de son fonctionnement 69
3.1.2 Composition générale du parc éolien 70
3.1.3 Situation géographique du projet 70
3.2 Description technique du parc éolien des Chesnots 72
3.2.1 Présentation générale 72
3.2.2 Les aérogénérateurs du parc éolien 72
3.2.3 Les accès et les aires de travail 76
3.2.4 Le raccordement électrique : l'évacuation de l'électricité produite 78
3.3 La phase chantier 83
3.3.1 Les conditions d'accès au chantier 84
3.3.2 Les étapes du chantier 85
3.3.3 Le trafic routier en phase chantier 95
3.3.4 La gestion des déchets en phase de chantier 95
3.4 La phase d'exploitation 97
3.4.1 La durée de vie du parc éolien 98
3.4.2 La production estimée 98
3.4.3 La maintenance 98
3.4.4 Le trafic routier en phase d'exploitation 99
3.4.5 La gestion des déchets d'exploitation 99
3.5 Démantèlement et remise en état du site 100
3.5.1 Dispositions réglementaires et garanties financières 100
3.5.2 Le démantèlement du parc éolien 100
3.5.3 La gestion des déchets de démantèlement 101
3.5.4 Remise en état du site 103
3.6 Vulnérabilité du projet… 104
3.6.1 …face au changement climatique 104
3.6.2 …face à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs 105
3.7 Le projet en bref 108

abies Energies & Environnement

3.1 Description générale du projet de parc éolien des Chesnots

3.1.1 Présentation simplifiée d'une éolienne et de son fonctionnement

3.1.1.1 Composition et fonctionnement

Nota : dans la suite du document, seront employés indifféremment les termes "éolienne", "aérogénérateur", voire "turbine" ou "machine".

Une éolienne est composée de :

- **trois pales** réunies au moyeu, l'ensemble est appelé rotor ;
- une **nacelle** supportant le rotor, dans laquelle se trouvent des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (multiplicateur, générateur, …). La nacelle peut pivoter à 360° ;
- un **mât** maintenant la nacelle et le rotor, généralement composé de 3 à 5 tubes s'imbriquant les uns dans les autres ;
- une **fondation** assurant l'ancrage de l'ensemble ; elle comprend des ferraillages, un massif-béton et une virole (ou cage d'ancrage, pièce à l'interface entre la fondation et le mât).

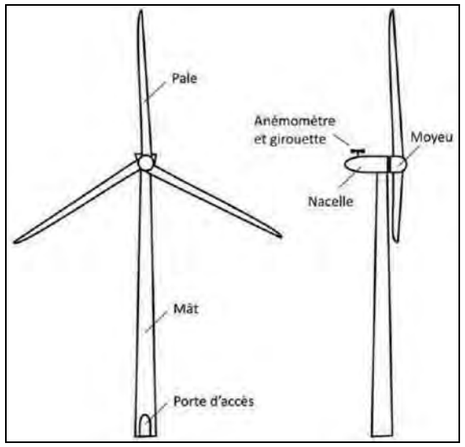


Figure 22 : Schéma simplifié d'une éolienne

Elle transforme l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Cette transformation, détaillée ci-après, se fait en plusieurs étapes principalement par le couple rotor/nacelle.

Lorsque le vent se lève et atteint une vitesse jugée suffisante pour mettre le rotor en mouvement, un **automate** informé par une **girouette** commande au **système d'orientation de la nacelle (Yaw), qui est solidaire du rotor,** de la faire pivoter sur son axe via des moteurs d'orientation afin de **placer les pales face au vent**.

La seule force du vent assure alors la mise en mouvement du rotor dont les **pales peuvent pivoter indépendamment sur leur axe** *via* des roulements. Ce système hydraulique de contrôle appelé **"pitch system"** permet à l'éolienne d'adapter la portance de son rotor face aux variations du vent (forte portance lorsque le vent est faible et diminution de celle-ci s'il est trop puissant, Cf. chapitre suivant).

La rotation du rotor est transmise à un arbre moteur horizontal, **l'arbre principal**, présent dans la nacelle. La vitesse de rotation de cet axe n'est généralement pas suffisante (5 à 15 tours par minute) pour que le générateur également situé dans la nacelle soit en mesure de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique. C'est pourquoi le mouvement de l'arbre principal est dans un premier temps amplifié par un **multiplicateur** qui va à son tour entraîner un **arbre rapide** (1 000 à 2000 tours par minute) couplé au **générateur**. L'électricité délivrée par le générateur est produite sous forme de courant alternatif dont la tension varie de 400 à 1 000 V maximum en fonction de la vitesse du vent et de la portance des pales face à la pression qu'elles supportent.

Deux types de générateurs existent :

- les générateurs asynchrones. Leur avantage est de supporter de légères variations de vitesse ce qui est un atout pour les éoliennes qui peuvent être confrontées à des évolutions rapides de la vitesse du vent 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. Ce type de générateur est le plus courant ;
- la génératrice peut également être synchrone ; elle est utilisée dans le cas d'un entraînement direct lorsque la liaison mécanique entre le moyeu de l'éolienne et la génératrice est directe. Le multiplicateur n'est alors pas nécessaire.

Une fois l'électricité produite par le générateur, un convertisseur va stabiliser sa fréquence à 50 Hz afin d'être conforme aux normes du courant injecté sur le réseau d'électricité public puis sa tension va être élevée via un transformateur pour atteindre 20 000 à 33 000 V selon les cas, valeurs nécessaires pour le raccordement au réseau de distribution. Selon les modèles d'éoliennes, le convertisseur et le transformateur peuvent être installés dans la nacelle ou dans le mât.

En sortie d'aérogénérateur, l'électricité est évacuée au travers d'un câble enterré jusqu'à un poste de livraison pour être injectée ensuite sur le réseau électrique et distribuée aux usagers ; elle n'est donc pas stockée, comme pour tout moyen de production électrique (hors sites isolés).

3.1.1.2 Production d'électricité et régulation de la puissance du vent

Comme indiqué ci-avant, la production électrique varie selon la vitesse du vent. Concrètement une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner le mouvement du rotor. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne délivrera de l'électricité jusqu'à atteindre son seuil de production maximum :

- lorsque le vent est inférieur à 12 km/h (3,3 m/s) environ, **l'éolienne est arrêtée** car le vent est trop faible pour faire tourner le rotor. Cela n'arrive que 10 à 15 % du temps selon les sites ;
- entre 12 km/h (3,3 m/s) et 45 km/h (12,5 m/s) environ, **l'éolienne est dans la plage des charges partielles**, c'est-à-dire qu'elle fonctionne en-dessous de sa puissance maximale. Le positionnement des pales s'ajuste alors en fonction de la force du vent de manière à capter le plus d'énergie possible. En effet, la diminution ou l'augmentation de la portance de la pale influencera le couple moteur. La totalité de l'énergie du vent récupérable est convertie en électricité. La production augmente très rapidement en fonction de la vitesse de vent[26] ;
- entre 45 km/h (12,5 m/s) et 90 km/h (25 m/s) environ, l'éolienne produit à pleine puissance, on parle de **puissance nominale** (4,2 MW maximum dans le cas des éoliennes des Chesnots). À 45 km/h, le seuil de production maximum est atteint. Selon la contrainte exercée par le vent, l'angle des pales est ajusté afin de réguler la production qui peut alors rester constante et maximale jusqu'à une vitesse de vent de 90 km/h ;
- à 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 ou lors d'épisodes de bourrasques répétées. Lorsque le vent dépasse 90 km/h pendant plus de 100 secondes, les pales sont mises en drapeau (parallèles à la direction du flux d'air) afin d'avoir une portance minimale. L'éolienne ne produit plus d'électricité. Le rotor tourne alors lentement en roue libre et la génératrice est déconnectée du réseau par mesure de sécurité. Dès que la vitesse du vent redevient inférieure à 65 km/h (valeurs indicatives dépendant de chaque modèle) 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.

[26] 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

3.1.2 Composition générale du parc éolien

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

Le parc éolien de Les Chesnots se compose :

- d'un ensemble de 6 éoliennes ;
- de pistes d'accès ;
- d'un ensemble de réseaux composés :
  - de câbles électriques de raccordement au réseau électrique local,
  - de câbles optiques permettant l'échange d'information au niveau de chaque éolienne,
  - d'un réseau de mise à la terre ;
- de 2 Structures de livraison électrique. La figure suivante illustre le fonctionnement d'un parc éolien et la distribution électrique sur le réseau.

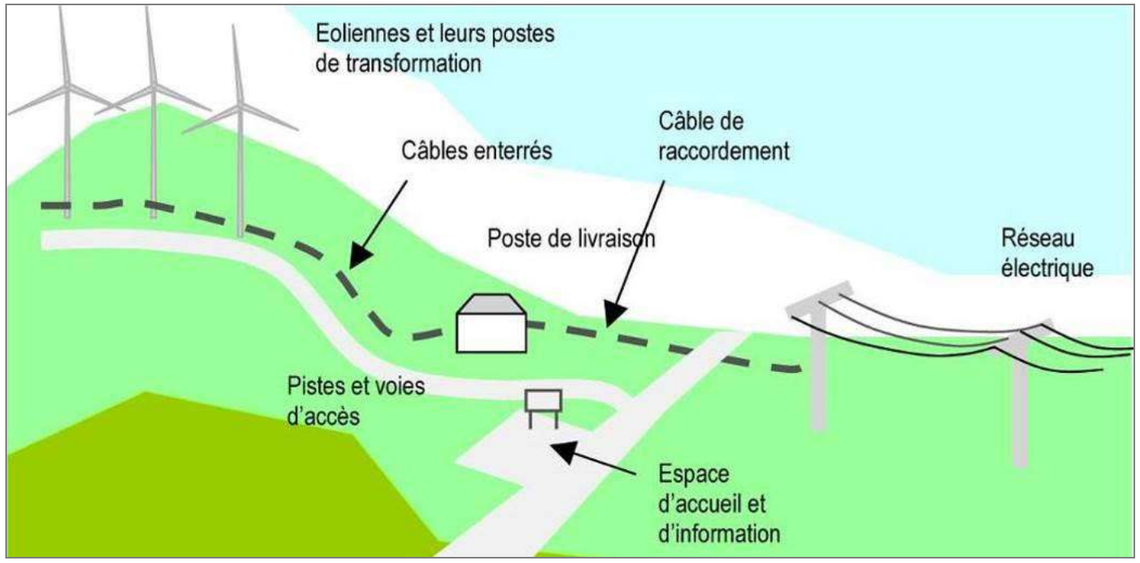


Figure 23 : Schéma de principe d'un parc éolien (Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, 2010)

3.1.3 Situation géographique du projet

Le projet de parc éolien des Chesnots se compose de six aérogénérateurs et de deux postes de livraison implantés sur la commune d'Éragny-sur-Epte dans le département de l'Oise en région Hauts-de-France.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques (référentiel Lambert 93) de ces équipements.

Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison (Lambert 93)				
Équipements	X	Y	Z (altitude du terrain en mètres)	Commune d'implantation
Éolienne 1 (E1)	611917	6915032	123	Éragny-sur-Epte
Éolienne 2 (E2)	612550	6915122	119	
Éolienne 3 (E3)	611903	6914584	115	
Éolienne 4 (E4)	612531	6914700	111	
Éolienne 5 (E5)	612169	6914253	109	
Éolienne 6 (E6)	612787	6914435	105	
Poste de livraison n°1 (PDL1)	611896	6914563	114	
Poste de livraison n°2 (PDL2)	612505	6914756	111	

Tableau 28 : Coordonnées des équipements du projet éolien des Chesnots (Source : RES)

L'organisation générale du parc prend la forme de trois alignements de deux éoliennes orientés ouest - est et disposés parallèlement dans le sens nord - sud. Le tableau suivant décrit les caractéristiques principales de ces alignements ; l'alignement 1 est le plus au nord et l'alignement 3 le plus au sud.

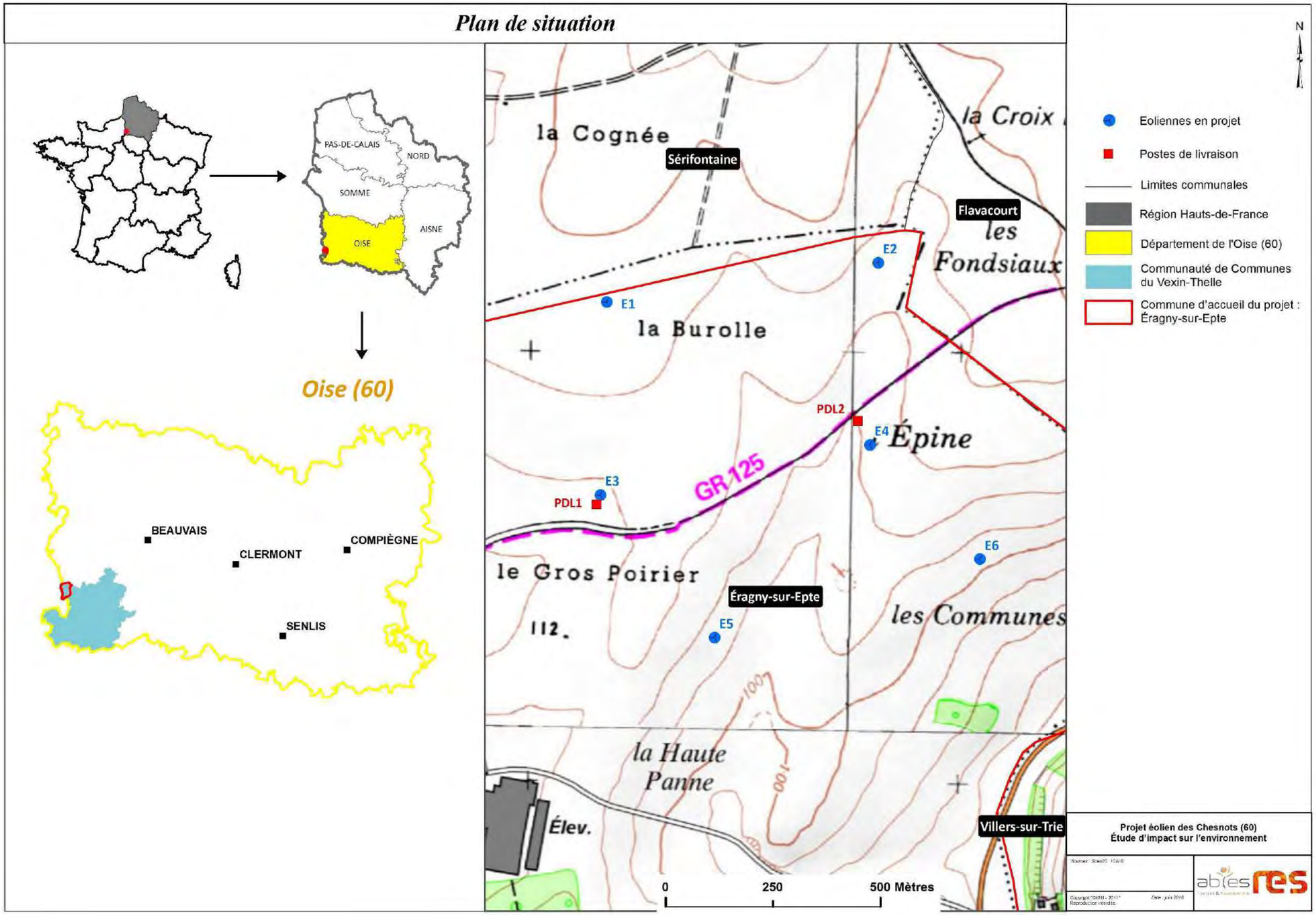
	Éoliennes concernées	Distance entre les machines de l'alignement (de mât à mât)	Distance minimale entre chaque alignement consécutif (éoliennes les plus proches)
Alignement 1	E1 - E2	638 m	423 m (E2 - E4)
Alignement 2	E3 - E4	638 m	368 m (E4 - E6)
Alignement 3	E5 - E6	644 m	

Tableau 29 : Caractéristiques des alignements d'éoliennes des Chesnots

Concernant les structures de livraison :

- la plus à l'ouest, PDL1, se situe au pied de l'éolienne E3 ;
- le poste de livraison n°2 est implanté quant à lui à proximité de la plateforme d'E4, le long de la voie communale n°6 d'Éragny-sur-Epte à Flavacourt.

La carte suivante présente la situation des éoliennes et des postes de livraison sur un fond de carte IGN au 1/25 000.



Carte 11 : Plan de situation du projet de parc éolien des Chesnots

3.2 Description technique du parc éolien des Chesnots

3.2.1 Présentation générale

L'étude du gisement de vent est indispensable à la validation d'un projet pertinent et au dimensionnement des éoliennes mises en place. C'est notamment à partir de cette étude que se base le calcul de production énergétique du parc éolien qui déterminera sa faisabilité technico-économique.

Dans le cas du présent projet, l'étude du gisement éolien s'est appuyée sur les données enregistrées par un mât de mesures du vent de 100 m de haut.

Ainsi, l'étude fine du gisement de vent et la configuration du site ont permis de déterminer le gabarit des éoliennes adapté.

Les principales caractéristiques du parc, tenant compte du modèle de machines le plus puissant et le plus imposant en termes de gabarit pouvant être retenu (Cf. chapitre suivant), sont les suivantes :

Données générales du parc	
Nombre d'éoliennes	6
Hauteur maximale en bout de pale	180 m max
Puissance nominale unitaire maximale	4,2 MW max
Puissance totale maximale du parc éolien	25,2 MW
Nombre de postes de livraison	2
Production annuelle estimée en tenant compte des pertes pour des éoliennes de 3 MW en moyenne	52,9 GWh/an
Population moyenne alimentée en électricité par ce parc, chauffage inclus	23 000 personnes
EqCO_2 évité par an	21 800 tonnes
Données techniques estimées pour l'ensemble du parc éolien (Eolienne, accès, plateforme)	
Surface des fondations (excavations comprise)	4 260 m²
Surface des plateformes permanentes	1,3 ha
Surface des aires de chantier temporaires	2,1 ha
Linéaire d'accès	
A créer	1 530 ml
%	46%
A améliorer	1 200 ml
%	36%
Existant	600 ml
%	18 %
Nombre de virages	7
Emprise des structures de livraisons	180 m²
Linéaire de tranchées pour l'implantation du raccordement électrique interne et du réseau de télécommunication	2 400 ml

Emprises totales estimées	
Temporaire (pendant phase de construction)	5,1 ha
Permanente (maintenues artificialisées pendant l'exploitation)	2,7 ha
Surface de défrichement administrative	NC
Déboisement total	NC

Tableau 30 : Caractéristiques principales du parc éolien des Chesnots

3.2.2 Les aérogénérateurs du parc éolien

3.2.2.1 Choix des éoliennes

À la date de dépôt du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, **le modèle d'aérogénérateurs qui équipera le parc éolien des Chesnots n'est pas arrêté.** Il en existe néanmoins plusieurs adaptés au site, notamment au regard des caractéristiques locales de vent ; **ceux-ci ont tous une hauteur en bout de pale de 180 m, ce qui correspondra à la hauteur maximale des éoliennes des Chesnots**.

Outre un gabarit général commun, ces modèles présentent des différences (hauteur du moyeu, longueur des pales, performance acoustique, etc.). Ainsi, **afin de ne pas risquer de sous-évaluer les impacts, dangers et inconvénients de l'installation sur l'environnement, il a été décidé de considérer, pour chacune des grandes thématiques environnementales traitées dans la présente étude[27], le modèle d'éoliennes aux caractéristiques dimensionnelles et techniques les plus impactantes (incidences négatives) au regard des sensibilités de ces thématiques vis-à-vis des aérogénérateurs.** Par exemple :

- l'éolienne au **rotor** le plus large balaiera une plus grande surface ; le risque de collision avec la faune volante est donc accru. Par ailleurs, un rotor volumineux induit des pales de grande taille et donc des aires de stockage plus importantes, d'où des emprises au sol majorées en phases de chantiers ;
- l'aérogénérateur avec la **hauteur libre sous rotor (ou garde au sol)** la plus faible présentera un risque majoré de collision avec les espèces d'oiseaux et de chauves-souris volant au plus près du sol ;
- l'éolienne dont la **hauteur de moyeu** est la plus élevée disposera d'un rotor visible sur de plus longues distances ; l'impact paysager est donc accru.

Le tableau ci-après présente les principales caractéristiques dimensionnelles des aérogénérateurs retenus en fonction des thématiques environnementales abordées.

	Milieu physique	Milieu naturel	Milieu humain	Paysage et patrimoine
Hauteur en bout de pale	180 m	180 m	180 m	180 m
Diamètre du rotor	140 m	140 m	131 m	110 m
Hauteur du moyeu	110 m	110 m	114 m	125 m
Hauteur libre sous rotor	40 m	40 m	48,5 m	70 m
Longueur d'une pale	69 m	69 m	64,5 m	54 m
Commentaire	Éolienne aux pales les plus longues	Éolienne au rotor le plus large et à la	Éolienne la plus	Éolienne aux visibilités les plus

[27] Milieu physique, Milieu naturel, Milieu humain et Paysage et patrimoine

	(stockage au sol majoré)	garde au sol la plus faible	bruyante	lointaines (hauteur de moyeu maximale)

Tableau 31 : Principales caractéristiques des éoliennes considérées en fonction des thématiques environnementales abordées

Compte tenu de la non-sélection d'un modèle en particulier, 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 ne correspondra donc pas exactement au modèle qui sera sélectionné. Les écarts relevés seront dans tous les cas mineurs et ne remettent pas en cause les analyses de risques et contraintes environnementales présentées dans l'étude d'impact.

3.2.2.2 Composition des éoliennes

3.2.2.2.1 Le rotor : moyeu et pales

L'éolienne retenue sera équipée d'un rotor de 140 mètres de diamètre maximum constitué de 3 pales fixées au moyeu.

Une pale correspond généralement à l'assemblage de deux coques sur un longeron de soutien ; elle est habituellement composée de fibre de verre renforcée de résine époxy et de fibre de carbone. L'utilisation de ces matériaux rend ces structures relativement légères (entre 10 et 15 tonnes). Les pales de l'éolienne mesurent 69 m pour le modèle le plus volumineux. 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 la tour, la fondation et enfin vers le sol.

Le moyeu constitue la pièce centrale du rotor ; il est fixé sur l'arbre lent horizontal de la nacelle et renferme le système de contrôle d'angle de calage des pales "pitch system". L'inclinaison des pales s'ajuste à l'aide de vérins hydrauliques (1 par pale) permettant une diminution ou une augmentation de leur portance. Un système de contrôle (microprocesseur) permet de déterminer la meilleure position des celles-ci en fonction de la vitesse du vent et commande le système hydraulique afin d'exécuter le positionnement. Ce système permet donc de maximiser l'énergie absorbée par l'éolienne mais il fonctionne également comme le premier mécanisme de freinage en plaçant les pales en drapeau en cas de vents violents. L'angle d'inclinaison des pales peut varier entre - 5° et 90°.

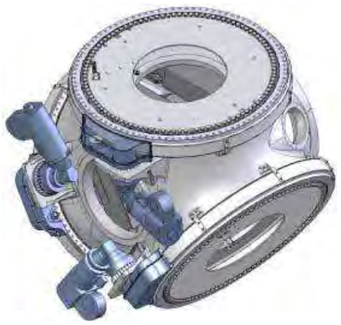


Figure 24 : Exemple de moyeu

3.2.2.2.2 Le mât

Le mât de l'éolienne se présente sous la forme d'une tour conique en acier constituée de quatre à cinq sections.

L'accès au mât se fait par une porte verrouillable au pied de la tour. Dans le mât, il est possible de monter jusqu'à la nacelle avec un ascenseur (facultatif) ou une échelle équipée d'un système antichute. On trouve une plateforme et un système d'éclairage de secours au niveau de chaque segment de la tour.

3.2.2.2.3 La nacelle

L'enveloppe de la nacelle est généralement composée de fibre de verre. Son châssis métallique sert de support aux différents éléments qu'elle renferme dont les principaux sont : l'arbre de transmission, le générateur, le multiplicateur, les armoires de commandes et le transformateur (variable selon les modèles). Le toit est équipé de capteurs de vent (girouette et anémomètre) et de puits de lumière qui peuvent être ouverts depuis l'intérieur de la nacelle pour un accès au toit en cas de maintenance notamment.

Les principaux éléments présents dans la nacelle sont détaillés ci-après.

A) Le multiplicateur

Pour produire une quantité suffisante d'électricité, le générateur de l'éolienne a besoin de tourner à très grande vitesse (de 1 000 à 2 000 tours/min). Pour ce faire, il est nécessaire de démultiplier la vitesse de rotation du rotor ; cette tâche est assurée par le multiplicateur (train d'engrenage) qui s'insère entre le rotor et le générateur.

Le rotor transmet donc l'énergie du vent au multiplicateur via un arbre lent (une dizaine de tours/min) ; le multiplicateur va ensuite entraîner un arbre rapide (1 000 à 2 000 tours/min) et se coupler au générateur électrique. Un frein à disque est monté directement sur l'arbre rapide en cas d'emballement ; cela permet notamment de protéger le générateur.

B) Le générateur

Il convertit l'énergie mécanique produite par la rotation du rotor en énergie électrique. Les générateurs utilisés sont souvent asynchrones et peuvent supporter de légères variations de vitesse, ce qui est un atout pour les éoliennes car la vitesse du vent peut évoluer rapidement, notamment lors de rafales.

C) Le transformateur

Le transformateur constitue l'élément électrique qui va élever la tension issue du générateur pour permettre le raccordement au réseau de distribution d'électricité. Il se situe dans une pièce séparée et verrouillée et des dispositifs parafoudre assurent sa protection.

Les transformateurs équipant les éoliennes du marché sont le plus souvent de type sec, ce qui signifie qu'ils ne contiennent pas d'huile, et ce afin d'éviter les risques de fuite et d'amplification d'incendies. Selon le modèle d'aérogénérateur retenu, le transformateur se trouvera dans la nacelle ou au pied du mât.

D) Le convertisseur

Il contrôle l'énergie convertie dans le générateur en assurant une puissance débitée continue dont la fréquence est indépendante de la vitesse de rotation du rotor.

E) Le système auxiliaire

Il fournit l'électricité nécessaire au fonctionnement des différents moteurs, pompes, ventilateurs et appareils de chauffage de l'éolienne ; il se trouve dans les armoires de commande.

F) Le système de refroidissement

Le refroidissement des principaux composants de la nacelle (multiplicateur, convertisseur, groupe hydraulique) se fait par un système de refroidissement à eau (mélange eau/glycol pour le convertisseur et mélange eau/huile pour les deux autres composants) tandis que le générateur et le transformateur sont refroidis par air (air forcé ou air ambiant).

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

3.2.2.2.4 Les autres éléments électriques

Si le générateur et le transformateur constituent les deux systèmes électriques principaux dans le fonctionnement des éoliennes, on retrouve d'autres éléments nécessaires à la production d'électricité :

- l'onduleur qui assure l'alimentation des principaux composants en cas de panne ;

- le système de commande qui correspond aux différents processeurs situés dans le rotor, dans la nacelle et en pied de mât ;
- les câbles haute-tension allant de la nacelle au bas de la tour.

3.2.2.2.5 Lubrification

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle et le moyeu 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 implantées sur le site des Chesnots seront certifiés selon les normes ISO 14001 version 2004. Les principaux éléments chimiques rencontrés dans un aérogénérateur sont les suivants :

- le liquide de refroidissement (eau glycolée) ;
- les huiles de lubrification et de refroidissement pour le multiplicateur et le groupe hydraulique ;
- les huiles mises sous pression par le système hydraulique
- les graisses pour la lubrification des roulements ;
- les divers agents nettoyants et produits chimiques pour la maintenance de l'éolienne.

L'étude de dangers, pièce constitutive du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale, s'attache à analyser la dangerosité de ces produits.

3.2.2.2.6 La couleur et le balisage lumineux des éoliennes

Ces critères sont encadrés par l'annexe II de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

A) La couleur des éoliennes

La couleur des éoliennes est définie par les quantités colorimétriques et le facteur de luminance. Dans le cas des éoliennes terrestres (cas du présent projet) :

- les quantités colorimétriques sont limitées aux domaines du gris et du blanc ;
- le facteur de luminance du gris est supérieur ou égal à 0,4 ; celui du blanc est supérieur ou égal à 0,75.

Les références RAL utilisables par les constructeurs sont :

- les nuances RAL 9003, 9010, 9016 et 9018 qui se situent dans le domaine blanc et qui ont un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,75 ;
- la nuance RAL 7035 qui se situe dans le domaine du gris et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,5 mais strictement inférieur à 0,75 ;
- la nuance RAL 7038 qui se situe dans le domaine du gris et qui a un facteur de luminance supérieur ou égal à 0,4 mais strictement inférieur à 0,5.

La couleur choisie est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne (tour, moyeu et pales). Dans le cas des éoliennes des Chesnots, le RAL 7035 (ou similaire) sera privilégié.

B) Le balisage des éoliennes

Au regard de l'arrêté du 23 avril 2018 :

- **Le jour :** chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).
- **La nuit** : chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 candelas). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).
- **Passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit** : le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m², le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m² et 500 cd/m², et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m². Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m².

Les feux à éclats de même fréquence doivent être synchronisés entre eux pour un même parc éolien, à un rythme de 20 éclats par minute pour les installations terrestres non côtières (cas du présent projet).

Dans le cas d'une éolienne terrestre de hauteur totale supérieure à 150 mètres, le balisage par feux moyenne intensité est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges, fixes, 32 cd) installés sur le mât et opérationnels de jour comme de nuit. Ils doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°) et varieront en nombre et en position selon la hauteur totale de l'aérogénérateur :

- si l'éolienne mesure entre 151 m et 200 m, elle sera équipée d'un seul niveau de feux implantés à 45 m de hauteur ;
- si l'éolienne mesure entre 201 m et 250 m, elle sera équipée de deux niveaux de feux implantés à 45 m et 90 m de hauteur.

Les éoliennes des Chesnots, dont la hauteur en bout de pale sera de 180 m, seront équipées d'un niveau de feux d'obstacles basse intensité de type B.

Selon l'organisation des éoliennes d'un même parc (notion de "champ éolien"), **certaines adaptations du balisage sont possibles** afin de limiter la gêne des riverains. Ainsi, de jour et sous certaines conditions, il est possible de n'appliquer un balisage lumineux que sur les éoliennes dites "périphériques". De nuit, il est possible d'installer, sur les éoliennes dites "secondaires", un balisage fixe plutôt qu'à éclat ou des feux de moindre intensité (200 candelas au lieu de 2000). Les détails de ces adaptations sont consultables en annexe II de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

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), à moins que la conformité de leurs performances ne soit démontrée par un organisme détenteur d'une accréditation NF EN ISO/CEI 17025 pour la réalisation d'essais de colorimétrie et de photométrie.

3.2.2.3 L'ancrage au sol des éoliennes

Compte tenu de leurs dimensions et de leurs poids, les éoliennes sont fixées au sol par le biais de fondations en béton armé enterrées.

Le type et le dimensionnement exacts des fondations seront déterminés en tenant compte des caractéristiques de l'éolienne, des conditions météorologiques générales du site et de la nature du terrain d'implantation qualifiée lors des études géotechniques menées en amont de la construction du parc. Un système constitué de tiges d'ancrage (virole), disposé au centre du massif de la fondation, permet la fixation de la bride inférieure de la tour. La fondation est conçue pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2.

Les fondations du parc éolien des Chesnots devraient être similaires à celle présentée sur le schéma ci-après : probablement de forme ronde, elles auront un diamètre de 25 m maximum pour une profondeur de 3 m ; le diamètre du fût en béton, également appelé embase, sera d'environ 7 m. On se reportera au chapitre « Incidences sur le milieu physique » pour en apprécier les impacts.

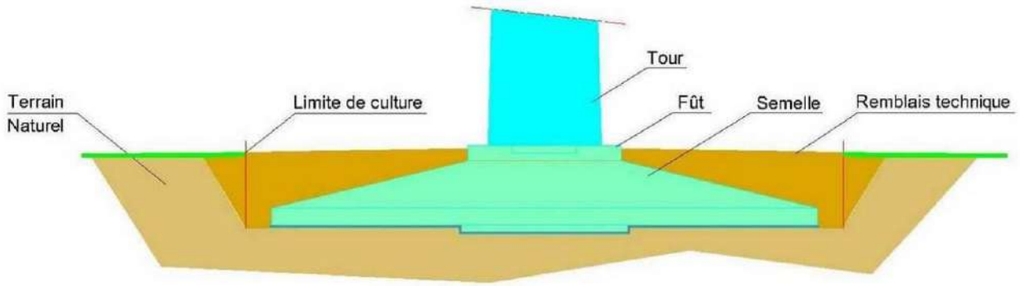


Figure 25 : Schéma type d'une fondation

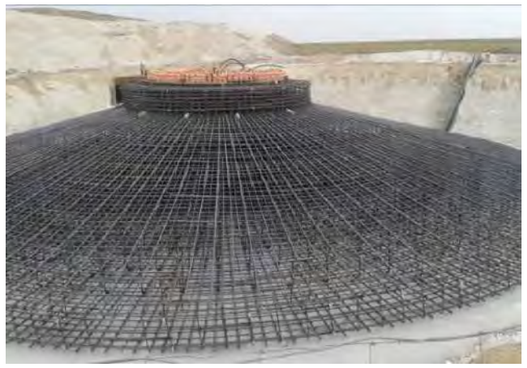


Photo 1 : Exemple de ferraillage en radier pour une éolienne

Photo 2 : La fondation terminée

Photo 3 : Détail des fixations de l'embase

Zoom sur les emprises cumulées	
Concernant l'emprise au sol des fondations : • **En phase chantier** : cette emprise correspond à la surface de la fondation (dont le diamètre attendu sera de 25 m maximum) à laquelle on ajoute une bande de 2,5 m de large permettant aux ouvriers de mettre en place le coffrage et le ferraillage de la fondation et de circuler sans risques (diamètre total de 30 m). Ainsi l'emprise maximale de chaque excavation sera de 710 m². • **En phase d'exploitation** : la majorité de la fondation est recouverte par les terres extraites lors du creusement de la fouille ; seule la partie centrale de l'ouvrage, c'est-à-dire le fût, est apparente. Concernant la surface enfouie, celle-ci est immobilisée sur un rayon de 10 m autour de l'embase et délimitée par un léger engravillonnement. Ainsi, en tenant compte du fût et de la surface engravillonée (rayon total de 13,5 m), c'est une emprise de 575 m² qui est immobilisée pour chaque machine. Cette surface sera intégrée à la superficie des plateformes de chaque éolienne.	
Emprise cumulée des fondations/excavations en phase chantier	**Emprise cumulée des fondations en phase exploitation**
4 260 m² / 0,43 ha	**3 450 m² (Intégrée dans la surface des plateformes)**

Tableau 32 : Les emprises cumulées des fondations

3.2.2.4 Respect des normes en vigueur

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 :

- *« L'aérogénérateur est conçu pour garantir le maintien de son intégrité technique au cours de sa durée de vie. Le respect de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale […], ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne […], permet de répondre à cette exigence. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant leur mise en service industrielle. »* (Article 8) ;
- *« L'installation est mise à la terre pour prévenir les conséquences du risque foudre. Le respect de la norme IEC 61 400-24, dans sa version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale […], permet de répondre à cette exigence. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent […] atteste de la mise à la terre de l'installation avant sa mise en service industrielle. Des contrôles périodiques sont effectués pour vérifier la pérennité de la mise à la terre, selon les périodicités suivantes : une fois par an pour le contrôle visuel et une fois tous les deux ans pour le contrôle avec mesure de la continuité électrique. »* (Article 9) ;
- *« L'installation est conçue pour prévenir les risques d'incendie et d'explosion d'origine électrique. […] Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Pour les installations électriques non visées par la directive du 17 mai 2006, notamment les installations extérieures à l'aérogénérateur, le respect des normes NF C 15-100, NF C 13-100 et NF C 13-200, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale […], permet de répondre à cette exigence. Un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de l'installation pour prévenir les risques électriques, avant sa mise en service industrielle. »* (Article 10).

3.2.3 Les accès et les aires de travail

3.2.3.1 Les contraintes d'accès pour les convois

Deux paramètres principaux doivent être pris en compte afin de finaliser l'accès au site :

- la charge des convois durant la phase de travaux ;
- l'encombrement des éléments à transporter (pales, tours et nacelles).

Concernant l'encombrement, ce sont les pales, de 69 mètres de long pour le modèle le plus volumineux, qui représentent la plus grosse contrainte. Leur transport est réalisé par convoi exceptionnel à l'aide de camions adaptés (tracteur et semi-remorque).

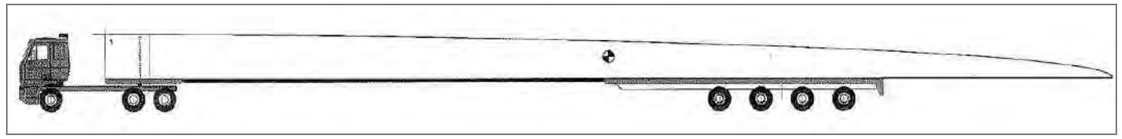


Figure 26 : Transport d'une pale

Lors du transport des aérogénérateurs, le poids maximal à supporter est celui du transport des nacelles qui peuvent peser entre 60 et 95 t. Le poids total du véhicule chargé avec la nacelle peut alors atteindre jusqu'à 120 t. La charge de ce véhicule sera portée par une dizaine d'essieux, avec une charge maximale de 12 t/essieu.

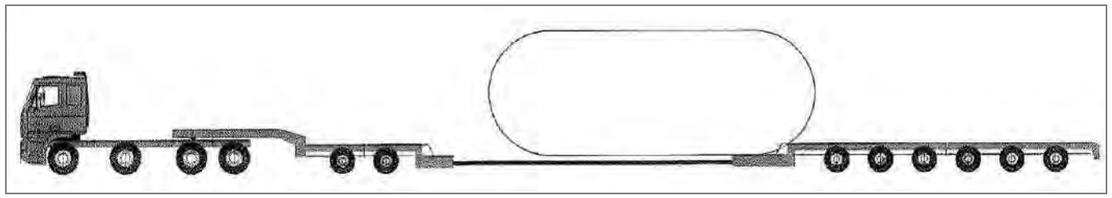


Figure 27 : Transport de la nacelle

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

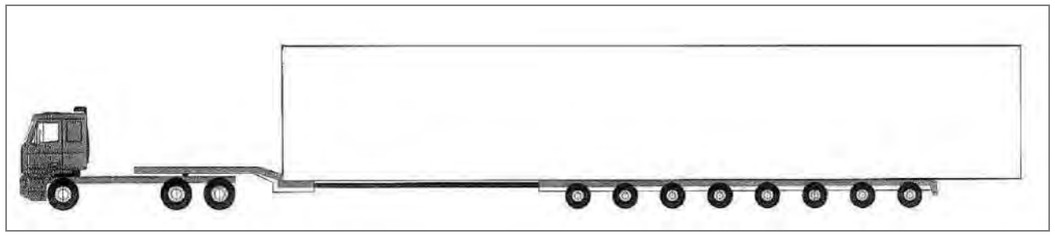


Figure 28 : Transport d'une section du mât

3.2.3.2 Caractéristique des accès

Un réseau de pistes et de chemins existe déjà sur le site et sera utilisé pour le chantier. Plusieurs pistes seront néanmoins créées pour permettre la desserte de l'ensemble des six éoliennes du parc des Chesnots en sus des routes et des chemins existants. De plus, pour répondre à la charge et au gabarit des véhicules de transport, un tronçon de route existante, la Voie Communale (VC) n°6 d'Éragny-sur-Epte à Flavacourt, sera renforcé (reprofilage de la bande roulante) et élargi au démarrage du chantier.

Afin d'assurer le passage des convois en toute sécurité, la largeur utile de la voie doit être de 4,5 mètres en ligne droite avec un dégagement de 0,75 m part et d'autre (soit 1,5 m au total).

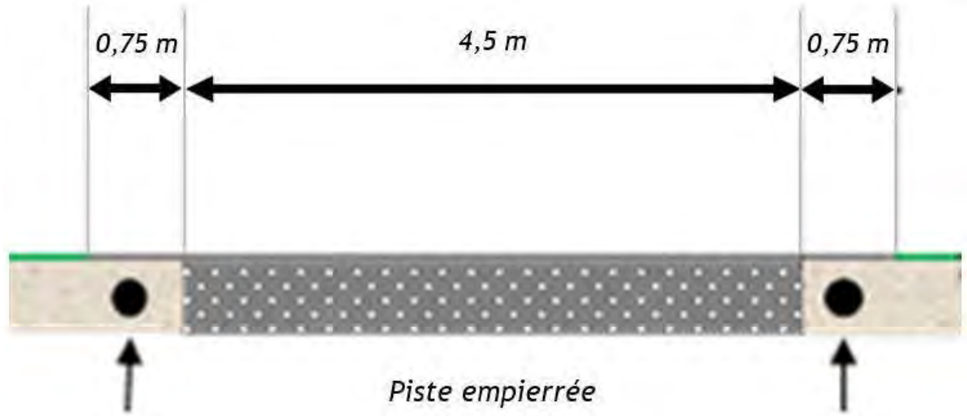


Figure 29 : Coupe transversale d'une piste d'accès - schéma de principe

Au cours de l'exploitation du parc éolien, les pistes créées et les élargissements de voies seront maintenus en l'état.

Sept virages, d'une superficie cumulée de 3 150 m², seront également créés afin d'offrir un rayon de courbure suffisant aux convois volumineux pour manœuvrer entre les chemins de desserte. Quatre d'entre eux verront leurs emprises réduites lors de la phase d'exploitation.

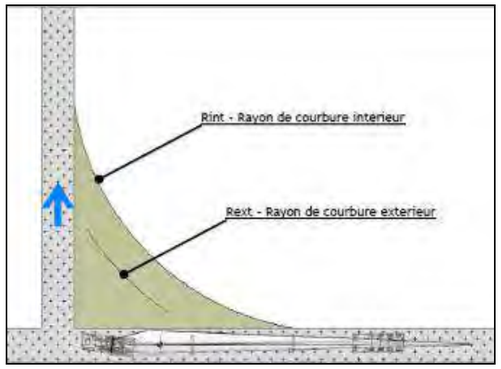


Figure 30 : Aménagement d'un virage

Le traitement des accès et virages dépendra de la qualité des terres présentes et de la pente des terrains. Dans la majorité des cas, la méthode suivante est mise en place :

- un décapage de la couche superficielle de sol est réalisé afin d'installer les matériaux d'apport sur une base saine et dure. Les souches éventuellement présentes sont alors arrachées ;
- une première couche d'apport dite de fond de forme est mise en place et compactée. Elle est constituée de matériaux naturels, de type GNT (Grave Non Traitée), de calibre 0/80 mm environ ;
- une seconde couche d'apport, dite de finition est enfin installée et compactée. Elle est constituée de matériaux naturels, de type GNT (Grave Non Traitée), de calibre 0/31,5 mm.

Illustration 1 : De gauche à droite : Décapage ; mise en place de la couche de fond de forme ; mise en place de la couche de finition

La qualité des sols en place est évaluée par le biais d'une étude géotechnique d'avant-projet ainsi que d'une étude de résistivité. Ces évaluations sont lancées après l'obtention des différentes autorisations administratives du projet. S'il s'avère que les sols ne présentent pas les qualités suffisantes pour assurer la stabilité des accès, un liant généralement constitué d'un mélange chaux/ciment sera incorporé aux graves. Cet apport sera uniquement réalisé au droit des zones jugées sensibles et ne devrait pas concerner l'ensemble des surfaces traitées.

Quelle que soit l'option choisie, le traitement des pistes et virages devra assurer la stabilité de ces aménagements et résister aux passages des convois (gabarits, fréquences).

Zoom sur les emprises cumulées	
Au total, pour l'ensemble du projet éolien des Chesnots : • environ **1 530 mètres linéaires de chemins d'accès seront à créer** ; d'une largeur utile (bande roulante) de 4,5 m, ils occuperont une surface cumulée de 6 890 m² ; • un tronçon de **1 200 mètres linéaires d'accès existants sera renforcé et élargi**. Les emprises supplémentaires générées par les élargissements (bande d'1 m) concerneront une superficie de 1 200 m² ; • les pistes créées ainsi que la portion de voie communale renforcée disposeront **d'accotements de 0,75 m de part et d'autre de leur bande roulante** représentant une superficie totale de 4 095 m² ; ils pourront être revégétalisés une fois les travaux achevés mais ne seront pas restitués à l'agriculture. • **sept virages nouveaux seront aménagés** pour une emprise totale de 3 150 m² en phase de chantier et 1 650 m² en exploitation.	
Emprise cumulée des accès et virages à créer en phase chantier	**Emprise cumulée des accès et virages à créer en phase d'exploitation**
15 335 m² / 1,53 ha	**13 835 m² / 1,38 ha**

Tableau 33 : Les emprises cumulées des accès et virages

3.2.3.3 Caractéristiques des plateformes nécessaires à la construction et à la maintenance des éoliennes

Afin de permettre l'assemblage des différents composants de l'aérogénérateur, des aires spécifiques seront aménagées au pied de chaque éolienne. Ces plateformes, planes et stabilisées, auront pour principale vocation d'assurer le stationnement et le travail des grues de levage et de guidage des composants de la turbine ; elles permettront également le stockage avant montage de certains de ces composants ainsi que la manœuvre des engins les plus volumineux.

À l'instar des pistes d'accès et des virages, le traitement des plateformes sera probablement réalisé en graves non traitées compactées avec une couche de fond calibre 0/80 mm et une couche de finition de calibre 0/31,5 mm. Les études géotechniques et de résistivité réalisées avant le démarrage du chantier détermineront plus en détail les modalités du traitement réalisé (épaisseur des couches, apport éventuel de liant sur certains secteurs, etc.).

Des adaptations dans la configuration et le dimensionnement de certaines aires seront nécessaires afin de faciliter leur accès et de permettre une meilleure cohérence dans le découpage et l'exploitation des parcelles agricoles concernées.

Les plateformes seront conservées tout au long de l'exploitation du parc afin de permettre une intervention rapide en cas d'opération d'envergure (changement de pale par exemple) : les grues pourront ainsi être installées au plus vite et les éléments volumineux disposeront d'une surface de stockage suffisante. Dans le cas présent, la plateforme intègre la surface engravillonnée recouvrant la fondation (rayon de 10 m autour de l'embase). La surface unitaire moyenne de ces aires est de 2 075 m².

Zoom sur les emprises cumulées	
Afin d'assurer la construction et la maintenance des aérogénérateurs des Chesnots, 6 plateformes de levage seront mises en place. Concernant leurs emprises : • **En phase chantier** : une fois aménagées dans leur globalité, c'est-à-dire après le coulage et le remblaiement des fondations, les plateformes nécessaires à l'édification des éoliennes occuperont une superficie moyenne de 2 166 m². Il est à rappeler néanmoins que celles-ci s'étendent jusqu'au pied des aérogénérateurs et se développent donc en partie au-dessus des fondations. Or, la surface des fondations en phase de chantier (fouilles) a déjà été considérée dans le chapitre 3.2.2.3. Ainsi, afin de ne pas compter à deux reprises cette superficie dans le calcul d'emprise globale de la phase chantier, il a été décidé de ne pas l'intégrer dans l'emprise des plateformes, ce qui réduit alors leur surface moyenne à 1 405 m². • **En phase d'exploitation** : l'emprise moyenne de chaque plateforme est de 2 075 m² ; elle inclut la surface engravillonée bordant l'embase des éoliennes.	
Emprise cumulée des plateformes en phase chantier	**Emprise cumulée des plateformes en phase d'exploitation**
Emprise totale : 1 300 m² / 1,3 ha **Emprise hors fouilles : 8 430 m² / 0,84 ha**	**13 000 m² / 1,3 ha**

Tableau 34 : Les emprises cumulées des plateformes de levage et de maintenance

3.2.3.4 Caractéristiques des aires de travail temporaires et de la base vie

Des aires de travail temporaires seront aménagées le long des plateformes de levage et des pistes d'accès. Elles seront nécessaires pour entreposer les éléments des éoliennes avant leur installation, pour l'assemblage et le déploiement des grues permettant leur montage ainsi que pour permettre les manœuvres et la circulation des véhicules de chantier. D'une superficie moyenne de 3 515 m² par éolienne, elles seront défrichées (coupe de la végétation/cultures en place) et aplanies si nécessaire *via* des terrassements ponctuels ; la terre végétale décapée lors de l'aménagement des plateformes y sera alors régalée. Aucun empierrement ne sera réalisé sur ces surfaces qui seront effacées et restituées à leur usage d'origine une fois les travaux de construction achevés. La photographie ci-dessous donne une vue d'ensemble d'une plateforme de levage et des aires de travail temporaires qui l'entourent.

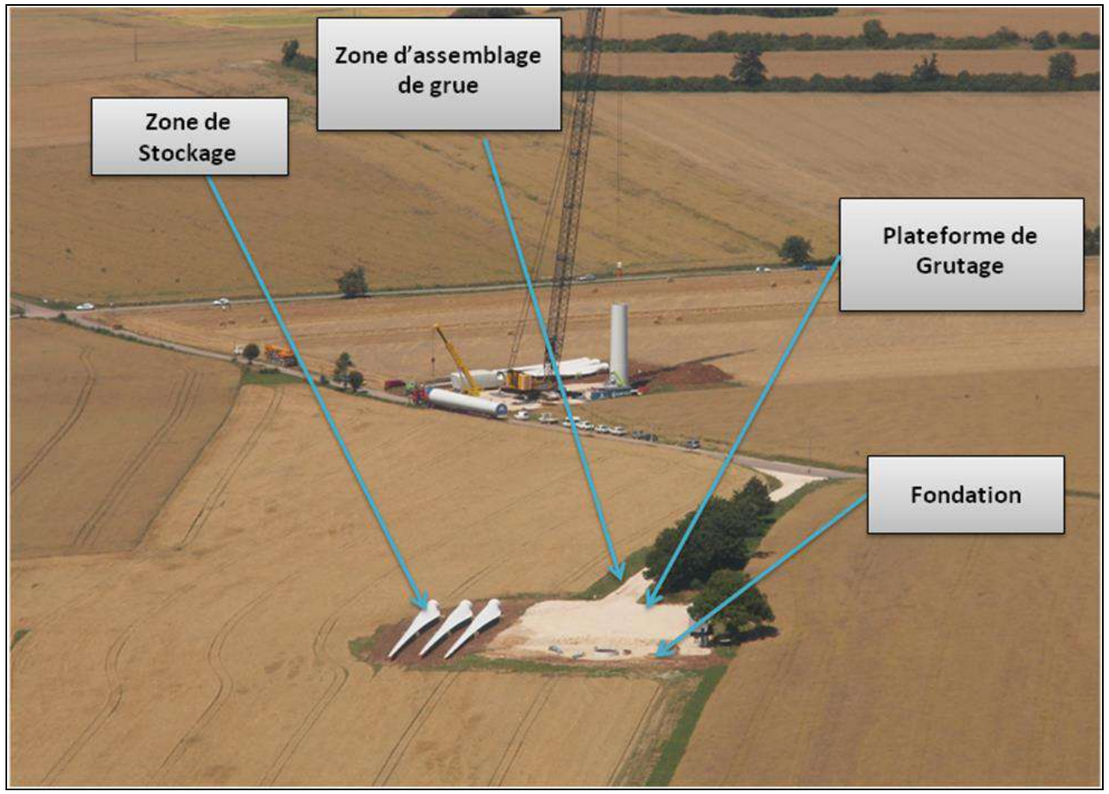


Photo 4 : Exemple d'une plateforme et des aires de travail temporaire qui l'accompagnent avant le montage de l'éolienne

Par ailleurs, quelle que soit la durée du chantier, le maître d'ouvrage est tenu de mettre à disposition une base vie pour l'hygiène, la santé et le bien-être du personnel. La zone de la base vie devra être plane, stabilisée, empierrée, drainée et facilement accessible ; elle sera constituée de bungalows (vestiaires, outillages, bureaux), de sanitaires autonomes, de places de parkings pour les véhicules personnels des intervenants et sera provisoirement desservie par une ligne électrique et une ligne téléphonique. En l'état actuel de définition de la phase de chantier, sa localisation n'est pas encore arrêtée.

Zoom sur les emprises cumulées	
Les aires de travail temporaires occuperont une superficie cumulée de 21 100 m². Une base vie de 1 750 m² (surface maximale envisagée) sera installée pour l'accueil du personnel.	
Emprise cumulée des aires de stockage des pales et de la base vie en phase de chantier	**Emprise cumulée des aires de stockage des pales et de la base vie en phase d'exploitation**
22 850 m² / 2,29 ha	**0 m² / 0 ha**

Tableau 35 : Les emprises cumulées des aires de travail temporaires et de la base vie

3.2.4 Le raccordement électrique : l'évacuation de l'électricité produite

Le réseau électrique privé de la centrale éolienne sera composé de câbles 20kV. Les autorisations et les modalités d'installations respecteront les dispositions du code de l'énergie, les arrêtés techniques ainsi que les normes en vigueur.

Le raccordement électrique au réseau public de distribution existant est défini et réalisé par le gestionnaire du réseau (tel qu'Enedis) qui en est le Maître d'Œuvre et le Maître d'Ouvrage.

Le gestionnaire du réseau déterminera le tracé de raccordement définitif entre la structure de livraison et le poste source, seulement après obtention de l'Autorisation Environnementale. Dans le cadre de la procédure d'approbation d'ouvrage, le gestionnaire du réseau consultera l'ensemble des services concernés par le projet de raccordement.

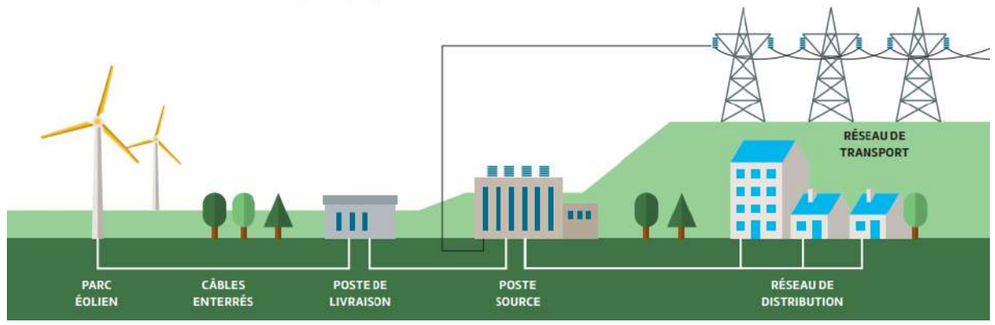


Figure 31 : Schéma de principe de raccordement au réseau public de distribution d'électricité (Source Syndicat des énergies renouvelables - QR L'énergie éolienne terrestre)

Le raccordement électrique est réalisé en souterrain, généralement en bord de route ou de chemin, selon les normes en vigueur.

Bien que le câble appartienne au domaine public, les coûts inhérents aux études et à la réalisation de ce réseau sont intégralement à la charge du pétitionnaire.

La Quote Part de la région Haute Normandie est à 10,74 k€/MW. La Quote Part de la Region Haut de France est à 73,04 k€/MW (mise à jour janvier 2022).

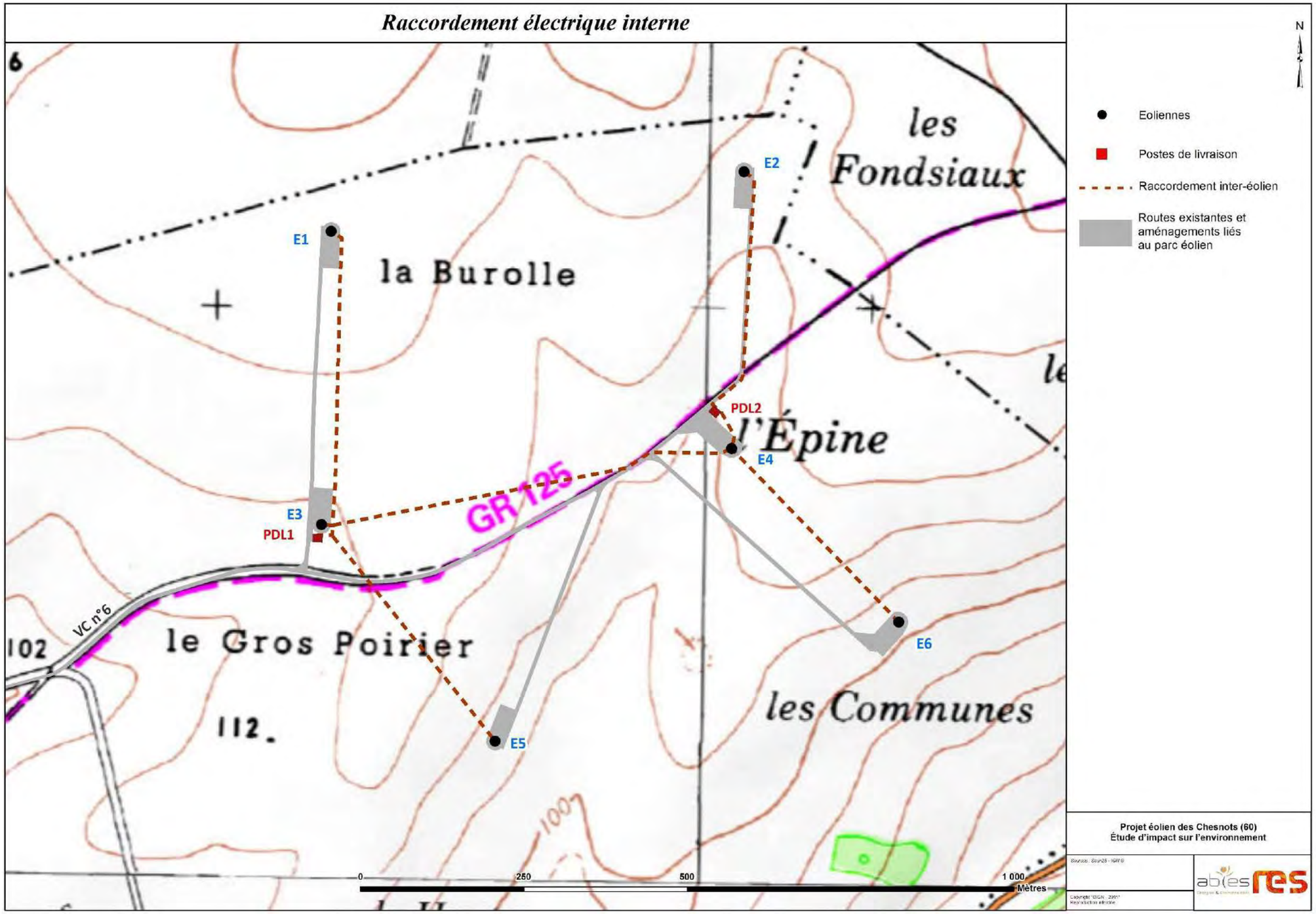
3.2.4.1 Le réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de transférer l'électricité produite par chaque éolienne aux postes de livraison du parc. Il comporte également une liaison de télécommunication (fibre optique) qui assure la communication entre chaque aérogénérateur et le terminal de télésurveillance ainsi que de câbles de cuivre nus assurant la mise à la terre des équipements. L'ensemble des câbles constitue le réseau inter-éolien ; ils seront souterrains et enfouis dans des tranchées dont la profondeur pourra varier selon le nombre de câbles enfouis, le type de tranchée et l'occupation du sol : la profondeur des tranchées varie entre 0,85 et 1,2 m ; la largeur est de l'ordre de 0,5 m.

Figure 32 : Principe d'enfouissement et coupe d'un câble de raccordement souterrain (source : RTE)

Zoom sur les emprises cumulées	
Dans le cadre du présent projet, le réseau électrique et de télécommunication souterrain inter-éolien suivra autant que possible les chemins et routes existants ou à créer (Cf. carte suivante). Le linéaire de tranchées dans lequel ces câbles seront implantés s'étend sur 2 380 m, plusieurs câbles pouvant transiter dans une même tranchée. Il est à noter que : • 18 % des excavations, soit 430 m, seront réalisées à l'accotement du tronçon de route existante renforcé et élargi, des pistes d'accès créées ainsi qu'au droit des plateformes de levage des grues et des fondations. **L'emprise liée à ces tranchées sera donc incluse dans les surfaces immobilisées pour la réalisation de ces aménagements** ; • le linaire de tranchées restant (1 950 m) sera implanté au droit de terrains cultivés présents sur le site. **Ces tranchées immobiliseront une surface temporaire d'environ 975 m²**.	
Emprise cumulée du raccordement en phase de chantier	**Emprise cumulée du raccordement en phase d'exploitation**
Emprise nette : 975 m² soit 0,097 ha	**0 m² / 0 ha**

Tableau 36 : Les emprises cumulées du raccordement électrique et de télécommunication inter-éolien



Carte 12 : Plan du raccordement inter-éolien et des postes de livraison

3.2.4.2 Les postes de livraison

Les postes de livraison matérialisent le point de raccordement d'un parc éolien au réseau public d'électricité. Ils servent d'interface entre le réseau électrique en provenance des éoliennes et celui d'évacuation de l'électricité vers le réseau de distribution d'électricité.

Un poste de livraison standard permet de raccorder une puissance de 12 MW à 15 MW environ. Compte tenu de la puissance maximale du parc des Chesnots (25,2 MW), deux postes seront implantés pour évacuer l'électricité produite.

Les postes de livraison doivent être accessibles en voiture pour la maintenance et l'entretien. Ils seront respectivement placés :

- à proximité de l'éolienne E3 pour le PDL1, le long de la piste d'accès à l'aérogénérateur ;
- au pied de la plateforme d'E4, en bordure de la Voie Communale n°6.

Ces structures sont composées de 2 bâtiments préfabriqués. Chaque bâtiment peut être utilisé pour l'installation d'un poste de livraison normalisé ENEDIS, d'un circuit bouchon (filtre de 175 Hz), des systèmes de contrôle du parc éolien (SCADA), ou d'un local exploitation et maintenance.

En béton modulaire, les blocs peuvent aussi être peints ou habillés pour mieux se fondre dans le paysage environnant ou répondre à des obligations réglementaires.

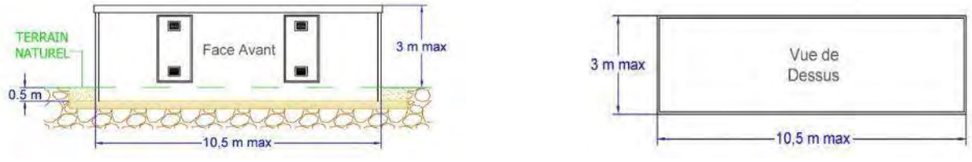


Schéma en coupe de la structure de livraison

Une attention particulière sera portée sur l'intégration paysagère des postes de livraison en fonction du contexte local (topographie, végétation, architecture des bâtis…).

Des panneaux indicateurs réglementaires avertissant le public de la nature de cette construction et des dangers électriques présents à l'intérieur seront apposés sur les portes d'accès.

Zoom sur les emprises	
Dans le cadre du présent projet, chaque poste de livraison sera composé de deux bâtiments préfabriqués d'une dimension maximale unitaire de 10,5 m de long sur 3 m de large (emprise de 31,5 m²) pour une hauteur de 3 m par bâtiment. Ces postes reposeront sur une plateforme de sable rectangulaire de 12 m sur 14,5 m de côté (180 m²). Une excavation d'environ 80 cm de profondeur est réalisée sur l'emprise de ces plateformes. Les bâtiments du poste de livraison sont déposés sur le lit de sable à l'aide d'une grue de façon à en enterrer 60 cm environ. Cette partie enfouie est utilisée pour le passage des câbles des réseaux sur site à l'intérieur des postes.	
Emprise des postes de livraison (plateformes) en phase de chantier	**Emprise des postes de livraison (plateforme) en phase d'exploitation**
360 m² / 0,036 ha	**360 m² / 0,036 ha**

Tableau 37 : Les emprises des postes de livraison

3.2.4.3 Le raccordement électrique externe

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison avec le poste source, point de raccordement avec le réseau public de distribution (RPD) d'électricité. Ce réseau externe est réalisé par le gestionnaire du RPD local (ENEDIS) ; Il est lui aussi entièrement enterré.

L'**hypothèse envisagée** pour le raccordement au réseau public de distribution du parc éolien des Chesnots porte sur le **poste source d'Étrépagny** implanté à l'est de la commune éponyme, à environ 11 km à vol d'oiseau du présent projet et à 14,3 km en empruntant le tracé de raccordement hypothétique présenté sur la carte suivante.

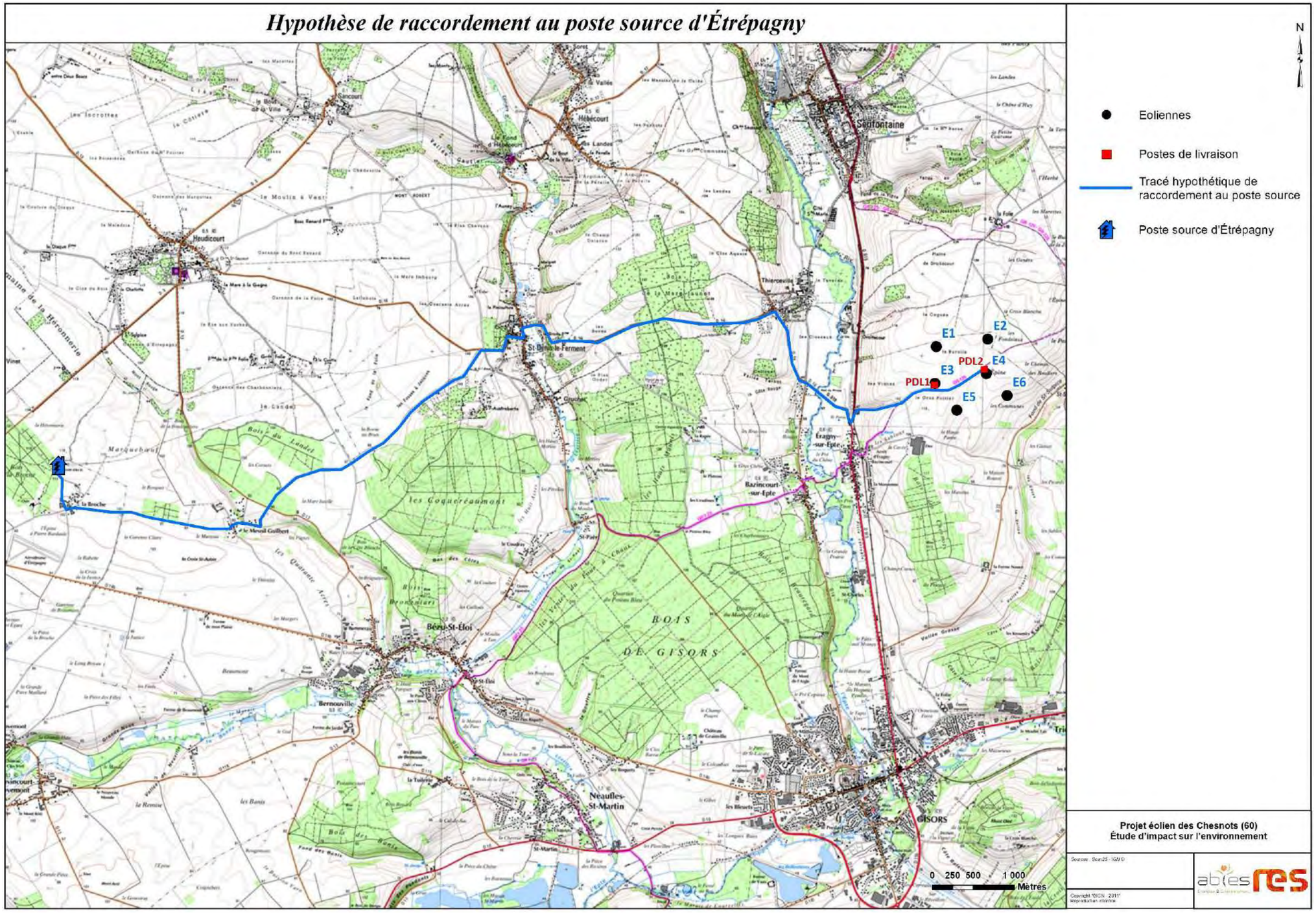
Pour ce poste source, le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REnR) de Haute-Normandie fait état d'une capacité d'accueil réservée aux énergies renouvelables (EnR) de 56 MW. La consultation du site internet www.capareseau.fr confirme cette valeur et indique que la capacité restante à affecter est de 46,4 MW (donnée vérifiée le 05 avril 2022).

Le parc éolien des Chesnots délivrera une puissance totale maximale de 25,2 MW. Ainsi, au vu des éléments précités, un raccordement au poste source d'Étrépagny est envisageable (25,2 MW < 46,4 MW).

Il est à noter que l'hypothèse de raccordement proposée dans le présent chapitre et illustrée par la carte suivante ne présente aucun caractère engageant, que ce soit pour le maître d'ouvrage du projet de parc éolien comme pour le gestionnaire du réseau d'électricité local. En effet, quelle que soit l'hypothèse de raccordement envisagée, le poste source retenu et le tracé précis et définitif de ce raccordement ne seront connus qu'à la réception de la convention de raccordement (CR) délivrée par le gestionnaire de réseau de distribution d'électricité local. Ce document est transmis une fois l'autorisation environnementale obtenue et permet la mise en attente du projet pour son raccordement au réseau régional des Energies Renouvelables (EnR).

Sur le plan technique, le raccordement au poste source se fera par deux liaisons souterraines à 20 000 volts. Le tracé de ces liaisons, implantées dans une tranchée commune, empruntera au maximum les routes et chemins existants. Comme indiqué précédemment, le maître d'ouvrage de ce raccordement ne sera pas le pétitionnaire mais le gestionnaire de réseau de distribution d'électricité local. Le coût du raccordement est néanmoins à la charge de l'exploitant du parc éolien. La construction des lignes électriques souterraines à 20 000 volts se fera conformément aux dispositions de l'article R.323-25 du code de l'énergie.

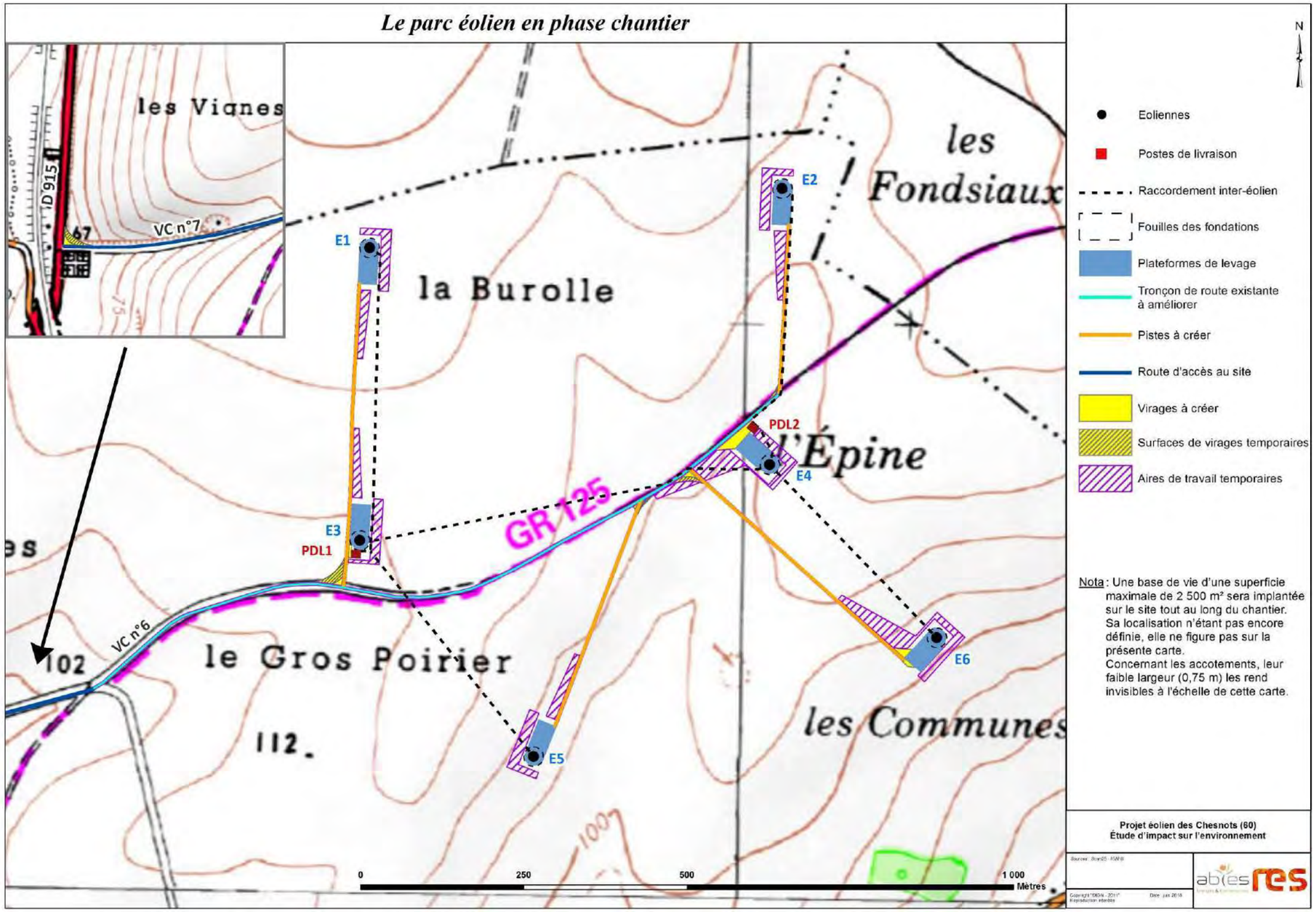
Une seconde hypothèse de raccordement pourrait-être envisagée au poste source de Gournay, implanté sur la commune de Ferrières-en-Bray, à environ 17 km à vol d'oiseau du présent projet et à environ 20 km en empruntant le tracé de raccordement hypothétique suivant les axes de circulation.



Carte 13 : Hypothèse de raccordement du parc éolien des Chesnots au poste source d'Étrépagny (Source : RES)

3.3 La phase chantier

La carte suivante présente les aménagements du chantier du parc éolien des Chesnots.



Carte 14 : Le projet en phase de chantier

3.3.1 Les conditions d'accès au chantier

3.3.1.1 Transport des composants des éoliennes et accès au chantier

L'accès privilégié pour le transport des composants est la N31-E46 avec un passage à Gournay-en-Bray. Les convois prendront ensuite la D 915 en direction de Gisors avant d'arriver sur site par une voie communale.

Carte 15 : Itinéraire privilégie pour le transport des composants jusqu'au site éolien

Ces routes sont adaptées au passage des poids lourds et des convois exceptionnels nécessaires à la construction du parc éolien et à la livraison des éoliennes en particulier.

Après l'obtention de l'Autorisation Environnementale, le maître d'ouvrage du parc éolien se rapprochera des gestionnaires des routes, afin de définir précisément les incidences du projet sur les routes existantes. Ainsi, les demandes de permissions de voirie seront déposées avant le début des travaux. Toute intervention sur les routes départementales, notamment en ce qui concerne les accès ou les passages de câbles, n'aura lieu qu'après obtention d'une permission de voirie.

Afin de pouvoir déterminer l'éventuelle dégradation des routes, un état des lieux sera fait en présence des représentants du gestionnaire de la route, du maître d'ouvrage du parc éolien et d'un huissier. À cette occasion, un enregistrement vidéo sera réalisé. En cas de dommages constatés, le maître d'ouvrage s'engage à une remise en état des routes concernées.

3.3.1.2 Utilisation de Blade Lifter pour l'accès au site

Ce projet va utiliser une technologie de transport innovante appelée « Blade lifter » ou élévateur de pales. Cette technologie est un automoteur permettant de transporter une pale d'éolienne avec un angle d'environ 60 degrés, permettant le passage d'éléments de grande longueur tout en évitant des obstacles contraignants tels que maison, topographie, arbres, …

Utilisation d'un Blade lifter sur un chantier de RES aux Etats-Unis ©RES

Ce système de transport permet de réduire l'emprise nécessaire aux convois pour la giration notamment en diminuant la longueur au sol par rapport aux convois traditionnels. Il suppose toutefois des ajustements :

- La vitesse de l'automoteur est d'environ 5 km/h,
- L'élagage des arbres qui « dépassent » et surplombent la bande roulante
- L'automoteur fait environ 25 m de longueur au sol,
- La charge à l'essieu de l'automoteur reste à 12,5 t/ essieu.

Cette technologie est généralement utilisée au plus proche de l'obstacle à passer, à savoir moins de 20 km du site éolien.

Pour l'utilisation de ce système automoteur, une plateforme stabilisée d'environ 2500 m² en Grave Non Traitée est nécessaire pour le transfert/ stockage des pales. Elle doit être raccordée à la route. Pour le projet de Les Chesnots, une plateforme de déchargement, reste à prévoir si cette technologie devait être utilisée. C'est à partir de là que le système automoteur sera utilisé. Les pales seront, avant ce point de chargement, amenées en convois standards.

Par ailleurs, il peut être nécessaire d'utiliser le même type de transport pour les convois de tour afin de garantir au mieux le passage d'obstacle avec la contrainte de rallonger les temps routiers. Pour cela et de la même manière, la tour est posée directement sur l'automoteur dans des conditions similaires au blade lifter.

3.3.1.3 La desserte du chantier

L'organisation de la desserte du chantier repose sur le principe de minimisation de la création des chemins d'accès par une utilisation maximale des chemins existants (chemins ruraux ou communaux). Elle s'appuie également sur :

- la volonté de réduire autant que possible la destruction des habitats naturels identifiés ;
- l'objectif de limiter les atteintes aux activités agricoles par effet de fragmentation des parcelles cultivées ;
- les disponibilités foncières.

Une fois arrivés sur le territoire d'Éragny-sur-Epte *via* la route départementale D 915 (ouest de la commune - les engins viennent par le nord), les convois s'engagent sur la voie communale (VC) n°7 et son prolongement, la VC n°6 d'Éragny-sur-Epte à Flavacourt, afin d'accéder aux pistes de desserte des éoliennes. Le tableau suivant détaille ces accès ; l'ordre de présentation respecte l'itinéraire de desserte du chantier.

Éolienne	Accès	Commentaire
E1 et E3	La piste desservant les éoliennes E1 et E3 se trouve sur la gauche après avoir parcouru environ 1 km sur l'axe VC n°7/VC n°6.	Un virage est aménagé entre la VC n°6 et la piste d'accès afin d'offrir un rayon de courbure suffisant aux convois volumineux pour tourner. La piste, longue d'environ 470 m, dessert dans un premier temps la plateforme d'E3 puis celle d'E1.
E5	La piste desservant l'éolienne E5 se trouve sur la droite après avoir parcouru environ 1,5 km sur l'axe VC n°7/VC n°6.	Deux virages sont aménagés entre la VC n°6 et la piste d'accès à E5 afin d'offrir un rayon de courbure suffisant aux convois volumineux pour tourner.
E6	La piste desservant l'éolienne E6 se trouve sur la droite après avoir parcouru environ 1,6 km sur l'axe VC n°7/VC n°6.	Un virage est aménagé entre la VC n°6 et la piste d'accès à E6 afin d'offrir un rayon de courbure suffisant aux convois volumineux pour tourner.
E4	La plateforme de l'éolienne E4 est directement desservie par la voie communale n°6. Elle se situe sur la droite de la route à environ 70 m après la piste d'accès à E6.	Un virage d'environ 780 m² assure la jonction entre la VC n°6 et la plateforme de l'éolienne.
E2	La piste desservant l'éolienne E2 se trouve sur la gauche après avoir parcouru environ 1,8 km sur l'axe VC n°7/VC n°6.	Un virage est aménagé entre la VC n°6 et la piste d'accès à E2 afin d'offrir un rayon de courbure suffisant aux convois volumineux pour tourner.

Tableau 38 : Accès aux éoliennes depuis l'axe VC n°7/VC n°6

La carte en page précédente permet de visualiser la desserte du chantier.

3.3.2 Les étapes du chantier

3.3.2.1 Les études de pré-construction

Après obtention des autorisations, plusieurs études dites de pré-construction sont menées afin de dimensionner les infrastructures et réseaux du parc éolien :

- Etude détaillée des plateformes de grutage (éventuelles optimisations des surfaces utiles).
- Etudes géotechniques : étude d'avant-projet de type G2 comprenant des investigations par sondages pressiométriques, à la pelle mécanique et étude de résistivité des sols ; suivie en phase d'exécution des fondations par des études et suivis de conception de type G3/G4.

  La norme référencée NF P 94-500 définit le contenu et l'enchaînement des études géotechniques en 3 étapes. À chacune de ces étapes, les incertitudes géotechniques sont affinées afin d'adapter au mieux les techniques de fondations.

G1 Etude géotechnique préalable - en phase d'étude d'impact

Première identification des risques géologiques à travers une étude documentaire, entre autres par la consultation d'une carte géologique associé si besoin à quelques investigations géotechniques in situ.

G2 Etude géotechnique de conception - après obtention des autorisations

Conception des fondations en les dimensionnant précisément. Détermine également les éventuels risques géotechniques par une évaluation complète in situ des sols. Plusieurs phases sont possibles :

G2 AVP – Phase Avant-Projet : définition et réalisation et/ou suivi d'un programme d'investigations géotechniques. Première approche des fondations.

G2 PRO – Phase Projet : conception et dimensionnement précis des fondations.

G3 Etude et suivi géotechnique d'exécution (à la charge de l'entreprise de génie civil responsable des travaux de fondations)

G4 Supervision géotechnique (à la charge du maitre d'ouvrage, réalisé par un expert géotechnicien) – **au moment des travaux**

Suivi de l'exécution des fondations et vérification des données géotechniques par relevés lors des travaux (à l'ouverture des fouilles). Si besoin, mise en œuvre de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation des fondations.

3.3.2.2 La construction

3.3.2.2.1 Planning de construction envisagé

La réalisation du parc éolien nécessite environ 6 mois de travaux continus. Associé à ce planning, il est à prendre en compte des interventions de pré constructions tel que des études géotechniques, archéologique si besoin et de déboisement jusqu'à 12 mois avant le démarrage du chantier à proprement parlé.

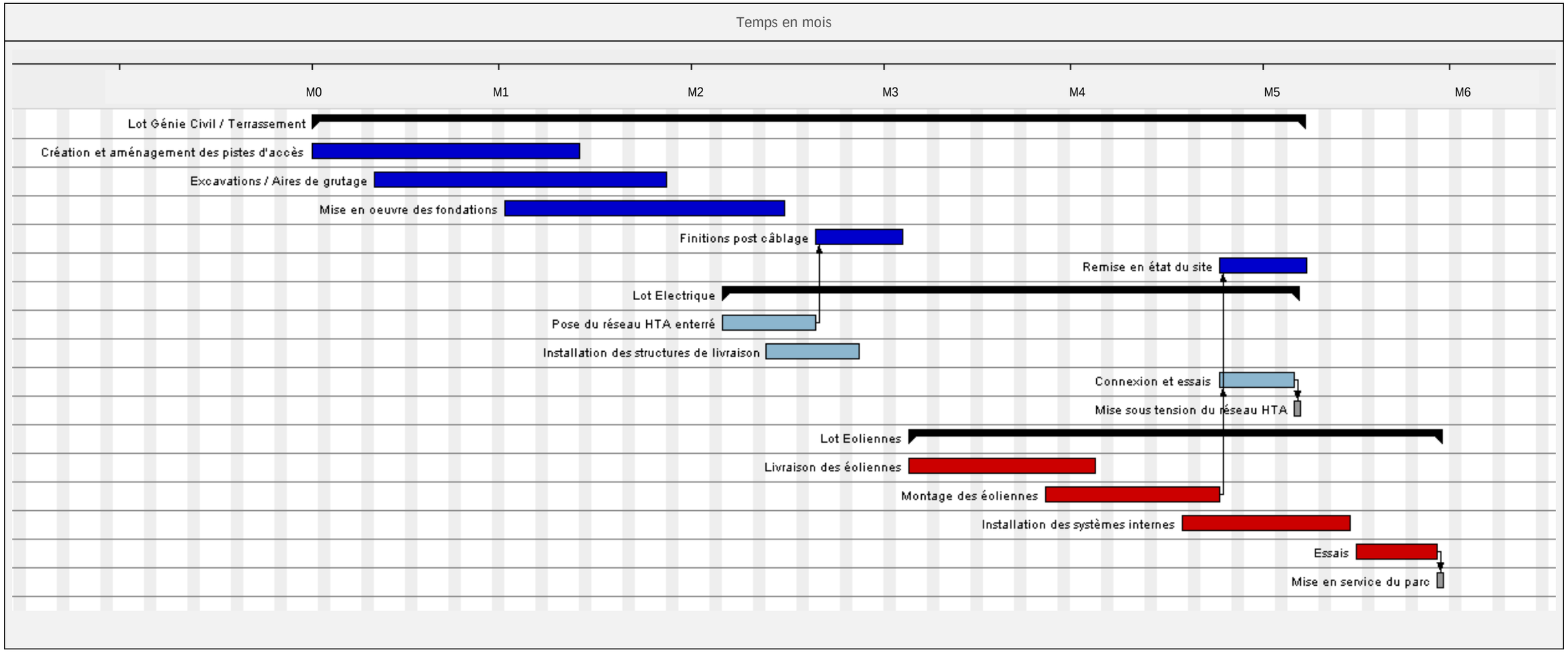


Tableau 39 : Planning envisagé du chantier de construction du parc éolien des Chesnots

Les principales étapes du chantier sont détaillées ci-après.

3.3.2.2.2 Les accès et la desserte du parc

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

Rappel : A l'intérieur du parc, les voiries sont réalisées préférentiellement par restauration et amélioration des voies existantes. Les créations sont limitées autant que possible, afin de réutiliser au maximum le réseau existant.

Exemple de piste existante avant aménagement

Exemple de piste après aménagement

Exemples de configurations de pistes (Source RES)

Le passage des engins de chantier et des convois exceptionnels nécessite une bande roulante de 4.50 m de large en ligne droite, et élargie dans les virages. La bande roulante aura la structure nécessaire pour supporter le passage des convois. **Les chemins seront empierrés par ajout de matériaux naturels qui sont compactés par couche afin de supporter le passage d'engins très lourds.**

Des accotements de 0,75m seront conservés de chaque côté de la piste. Ils permettront d'y construire les tranchées dans lesquelles seront installés les câbles électriques et autres réseaux. Cette largeur d'accotement permet également de rattraper les éventuels dénivelés du terrain. **Ces accotements pourront se revégétaliser naturellement.**

L'emprise terrassée des pistes sera donc de 6m en ligne droite (bande roulante empierrée de 4,5 m, ainsi que 2 x 0,75 m d'accotement pour les passages de câbles).

Méthode de construction des « pistes à créer » :

- Un décapage de la couche superficielle est réalisé afin d'installer les matériaux d'apport sur une base saine et dure. Ces terres végétales seront évacuées ou régalées localement dans les parcelles voisines. Les souches sont arrachées lors de cette opération.
- Une première couche d'apport dite de fond de forme est mise en place et compactée. Elle est constituée de matériaux naturels, de type GNT (Grave Non Traitée), de calibre 0/80mm environ.

Opération de décapage ; mise en place de la couche de fond de forme ; mise en place de la couche de finition

Photos de gauche à droite (Source : RES)

Les **pistes existantes** utilisées pour l'accès au parc des Chesnots sont majoritairement constituées de chemins d'exploitation existants non empierrés de façon suffisantes pour le passage de convois éolien(liées à l'accès aux parcelles cultivées). Elles seront élargies et recevront un reprofilage de la bande roulante.

Exemple de piste existante (Source : RES - Les Chesnots)

3.3.2.2.3 Emplacement des éoliennes

Le schéma de principe ci-dessous matérialise de façon schématique les besoins en surface pour la mise en œuvre des aires de grutages d'un chantier éolien. Les formes des plateformes peuvent toutefois différer en fonction du territoire qui accueille le parc éolien de manière à limiter les impacts environnementaux.

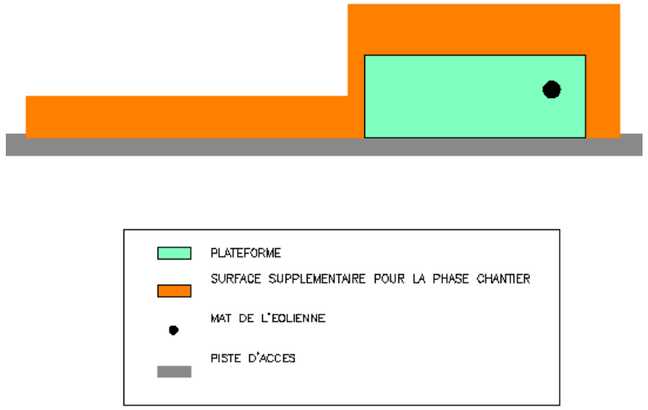


Schéma de principe d'un emplacement d'éolienne (Source RES)

Les Plateformes :

L'aire de grutage correspond à la surface prévue pour l'accueil de chaque éolienne ainsi que des grues de levage. C'est une surface qui est terrassée et empierrée lors de la phase chantier, et qui le restera en phase exploitation. Cette surface correspond à un rectangle. Une attention particulière est portée à la réduction de ces surfaces au strict nécessaire.

Méthode de construction des aires de grutages :

A l'image des créations de pistes, la construction des plateformes empierrées suit les étapes suivantes :

- Un décapage de la couche superficielle est réalisé afin d'installer les matériaux d'apport sur une base saine et dure. Au vu du contexte géologique local, une faible épaisseur de cette couche est attendue. Ces terres végétales seront évacuées ou régalés localement.
- Une première couche d'apport dite de fond de forme est mise en place et compactée. Elle est constituée de matériaux naturels, de type GNT (Grave Non Traitée), de calibre 0/80 mm environ.
- Une seconde couche d'apport, dite de finition est enfin installée et compactée. Elle est constituée de matériaux naturels, de type GNT (Grave Non Traitée), de calibre 0/31.5 mm environ.
- Après passage des câbles électriques, une finition des éventuelles modifications créées par l'ouverture de la tranchée est assurée (nivellement, compactage de la tranchée, réfection de la plateforme).

Ces surfaces resteront empierrées pendant toute la durée d'exploitation du parc éolien.

Exemple d'éolienne implantée en forêt (à gauche) et en culture (à droite) (Source : RES)

Les surfaces supplémentaires pour la phase chantier (ou Surfaces Chantier) :

Afin de stocker les éléments de l'éolienne, d'assembler et de déployer les grues permettant de monter cette dernière, de permettre les manœuvres et la circulation des véhicules et du personnel habilité autour de l'aire de grutage, une surface chantier est également prévue.

Cette surface est nécessaire uniquement pendant la phase chantier. Ici, les aires de grutage ont été limitées au minimum dans un souci de moindre impact environnemental.

Il est prévu de réaliser sur ces surfaces une coupe de la végétation/ culture, sans empierrement.

Seuls des terrassements (déblais/remblais) ponctuels pourront être faits afin de permettre le stockage des éléments de grue ou d'éoliennes. La terre végétale décapée lors de la création de la plateforme y sera régalée. A l'issue des travaux, ces surfaces pourront être remises en culture par les exploitants agricoles.

En complément à ces « surfaces chantiers », et suivant le constructeur d'aérogénérateur choisi et le gabarit final associé, il peut être nécessaire au moment du montage de la nacelle de stabiliser le mât par la mise en place de haubans temporaires (2 jours maximum). L'objectif est d'éviter les résonnances vibratoires émises dans le mât. Cette technique est utilisée afin de gagner en sécurité humaine lorsque les techniciens positionnés en haut du mât doivent réceptionner, guider et associer la nacelle au mât.

Il s'agit de tirer 2 câbles ou « haubans », selon un angle de 90° l'un de l'autre, ancrés à environ 45 m de distance de l'axe du mât. Ces haubans sont généralement positionnés au sens opposé à la plateforme afin de ne pas gêner la circulation des engins sur les emprises chantier. Chaque hauban est stabilisé par une ancre béton d'environ 1 m^3 posé au sol.

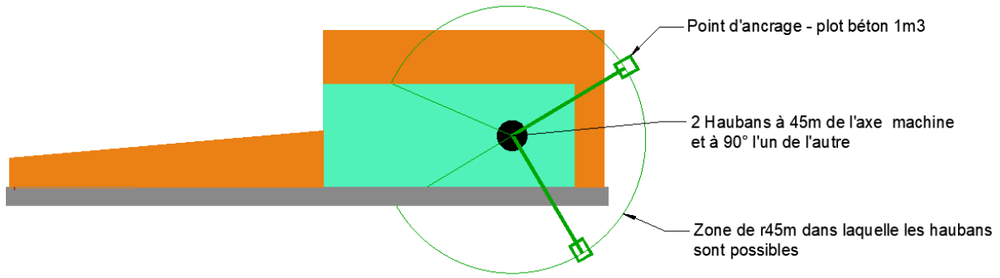


Schéma de principe de l'emplacement possible des haubans

Exemple de l'installation de haubans pour stabilisation de la tour (Source : RES)

3.3.2.2.4 Mise en œuvre de la fondation

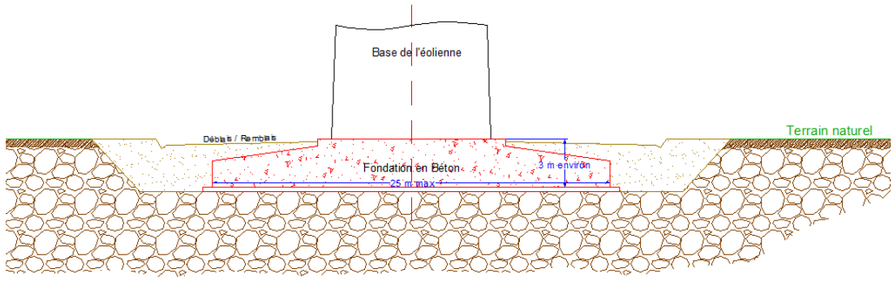
Après la réalisation des sondages géotechniques (mission G2 et au-delà), les caractéristiques du sous-sol sont appréhendées de manière plus précise que les données bibliographiques utilisées jusqu'alors lors de la mission G1. Ces sondages, réalisés après autorisation du projet, permettent d'identifier les caractéristiques mécaniques du sol d'assise.

Le dimensionnement des fondations est réalisé ensuite à partir des conclusions de ces études géotechniques et de la descente de charges issue des éoliennes (charges variant selon la puissance de la machine, le diamètre du rotor, la hauteur du mat et la classe de vent retenu pour le site).

Les fondations d'éoliennes sont des fondations superficielles. Selon les cas, on peut procéder à un renforcement par l'emploi de techniques dites de « fondations spéciales » bien maitrisées et adaptées au contexte local.

Ainsi quatre types de fondations peuvent être décrites :

- les fondations superficielles (ou massifs gravitaires) : il s'agit du cas standard lorsque le sol d'assise est homogène et de bonne portance; le diamètre de ce type de fondation est de 25 m max.



Exemple : Cas d'une fondation standard

- Les fondations superficielles (ou gravitaires) adaptées : ce type de fondation est utilisé principalement dans le cas de sol friable. Elle consiste en une augmentation de la fondation standard en largeur, à la même profondeur. Elle est préconisée de 30 m de large pour des éoliennes supérieures à 180 m de haut.
- Les fondations superficielles avec renforcements de sol : il s'agit d'un cas intermédiaire utilisé lorsque les études géotechniques mettent en évidence des anomalies (cavité, sous-sol fracturé…). Dans ces cas, la fondation sera réalisée en deux étapes : la purge de ces anomalies avec un matériel adapté au contexte (du type béton, mortier…) puis la réalisation d'une fondation superficielle en béton classique après la consolidation du sol d'assise.

Exemples d'anomalies détectées après l'excavation qui ont nécessité une consolidation du fond de fouille avant la réalisation de la fondation superficielle

Avant tout remplissage de ces anomalies, des estimations de leur étendue, taille et forme sont effectuées soit par une inspection visuelle si elles sont peu profondes soit à l'aide d'une caméra endoscopique. Ces investigations (missions G4 de supervision géotechnique) permettent également de déterminer le matériau le plus approprié au contexte local pour combler ces anomalies, dans un souci de moindre risque environnemental.

- Les fondations superficielles sur pieux (diamètre supérieur à 25 cm) /micropieux (diamètre inférieur à 25 cm) ou sur injections : Ces techniques sont utilisées lorsque le sol d'assise présente une portance trop faible et que le terrain porteur se trouve à une profondeur maximale de 25 m. Ces techniques représentent un surcoût et un temps de réalisation très supérieur à la méthode standard et n'est utilisée, que rarement, en dernier recours.

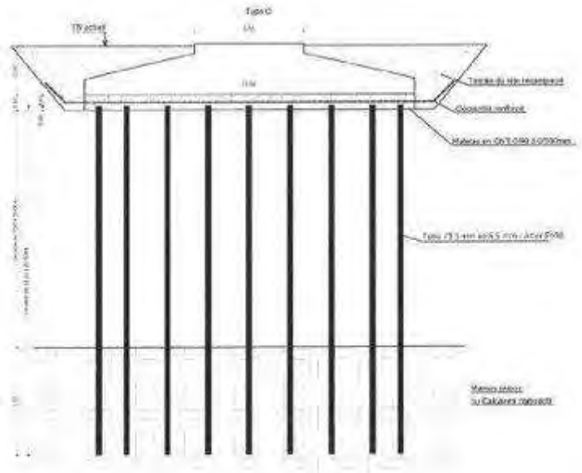


Schéma de principe d'une fondation sur pieux

Elle est réalisée comme suit :

- Mise en place d'un matelas de répartition des charges avec un maillage de pieux ou de micropieux sur tout ou partie de l'excavation :

Exemple de première couche du matelas avec réalisation du maillage des pieux

Forage des pieux ou micropieux : il s'agit de forer le sol jusqu'à la côte du sol porteur, de le tuber (ou pas suivant la cohésion du sol), d'y insérer une cage d'armature métallique (ferraillage) puis de le remplir de fluide mortier, coulis de ciment, ou béton suivant le type de fondation.

Atelier de forage, armement et coulage de mortier

- Réalisation d'essai de traction sur chaque pieu/micropieu ;
- Mise en place d'un second matelas après intervention, avant de couler le béton de propreté (cf. réalisation classique d'une fondation).

La méthode de mise en œuvre décrite ci-après est la plus couramment utilisée.

Excavation : à l'emplacement prévu pour l'éolienne, il est réalisé une excavation suffisante pour accueillir la fondation de l'éolienne. Les matériaux de déblai (environ 1200 m3) sont stockés pour réutilisation si leurs propriétés mécaniques le permettent ou bien évacués vers un centre de traitement adapté.

Béton de propreté : sous-couche de béton d'environ 30 m3 destinée à obtenir une dalle de niveau et suffisamment stable pour accueillir le ferraillage de la fondation.

Pose du système d'ancrage : c'est le « support » de l'éolienne. Il est tout d'abord posé sur des plots en béton au centre de la fondation ou sur des pieds métalliques. Il est ensuite inclus dans la masse de béton.

Dans le cas d'une base du mât en béton, cette pièce d'interface se situe en hauteur.

Ferraillage : avant d'effectuer le coulage du béton, il faut réaliser l'armature métallique qu'il va renfermer (environ 45 tonnes). Cette armature rendra le futur massif de béton extrêmement résistant.

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

Coulage : le béton est ensuite coulé à l'intérieur du coffrage à l'aide d'une pompe à béton. 45 à 55 rotations de toupies seront nécessaires pour acheminer sur le site environ 450 m3 de béton. Sur la phase finale du coulage, un produit de cure devra être mis en place pour éviter la fissuration du béton.

Fondation terminée

Remblaiement et compactage : après séchage, l'excavation est remblayée avec une partie des matériaux excavés (750 m3) et compactée de façon à ne laisser dépasser que la partie haute de l'insert sur lequel viendra se positionner le premier tronçon du mât de l'éolienne.

Les fondations seront enterrées sous le niveau du sol naturel. Seule l'embase du mât, d'un diamètre de 7 mètres maximum, sera visible au sol. La semelle béton, d'un diamètre de 25 m environ sur 3 m de profondeur, est enterrée et non visible.

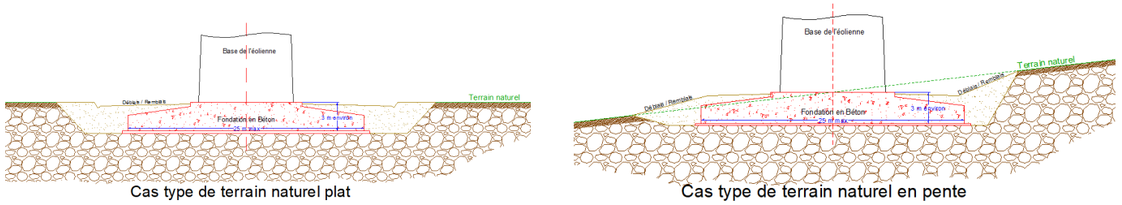


Schéma de principe- coupe fondation

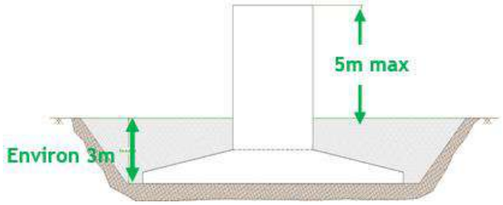
De plus, suivant les conditions de sol et de choix machines finales, il peut être envisagé une solution de réhausse ou d'enterrement de la fondation.

Une réhausse consiste en un montage complémentaire de la fondation béton sur une hauteur maximale de 5 m. Cela permet de garder les mêmes éoliennes à une même hauteur altimétrique en compensant la topographie du terrain. Avec une réhausse, il peut être réalisé une butte en remblai décrite ci-après.

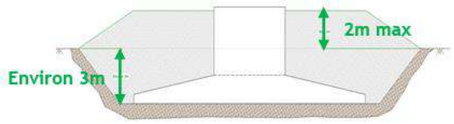
La notion de butte est utilisée lorsque l'embase du mât de l'éolienne est plus haute que le terrain naturel. Pour des raisons d'accès et de sécurité des intervenants il devient nécessaire de mettre du remblai autour de l'éolienne.

A contrario, l'enterrement des fondations permet de respecter des limites de hauteur maximale pour compenser un relief topographique par exemple.

Fondation avec réhausse de 5 m maximum



Fondation avec butte de 2 m maximum



Fondation avec enterrement

3.3.2.2.5 Montage de l'éolienne

Montage du mât : le mât d'une éolienne est généralement composé de quatre ou cinq sections d'acier qui sont assemblées sur place par grutage successif des éléments.

Levage des éléments : deux grues sont nécessaires pour redresser le mât à la verticale.

Le mât peut également être composé d'une base en béton (coulé sur place ou éléments préfabriqués), avec seules les dernières sections en acier.

Les éléments préfabriqués sont alors des coques ou demi-coques, grutés une par une et maintenus par des câbles de précontrainte.

Fixation du premier élément : une fois positionnée verticalement la première partie du mât vient se fixer sur la partie émergente de l'insert.

Levage et assemblage des autres tronçons du mât : les mêmes opérations sont répétées pour l'assemblage des tronçons suivants.

Levage et assemblage de la nacelle : une fois le mât entièrement assemblé, la nacelle de l'éolienne est levée et fixée au mât.

Assemblage des pales et levage du rotor : deux techniques sont envisageables : soit par levage du rotor complet (moyeu et pales assemblés au sol), soit par levage pale par pale. La technique pale par pale sera privilégiée.

3.3.2.2.6 Les postes électriques et les raccordements inter-éoliennes

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

Ouverture de tranchée : réalisée à l'aide d'une trancheuse, elle est creusée, sur environ 1 m de profondeur et 50cm de largeur, en bordure de la bande roulante dans l'emprise de la piste.

Fermeture de tranchée : une fois le câble déroulé dans la tranchée celle-ci est rebouchée et compactée et le bas-côté est remis en état. Du sable peut être ajouté dans la tranchée afin de protéger les câbles enterrés. Dans tous les cas, l'intégralité des matériaux extraits est régalée sur place afin d'éviter leur évacuation.

La structure de livraison : une excavation est réalisée sur 80 cm de profondeur environ. Un lit de sable est déposé au fond. Les matériaux extraits seront réutilisés si leurs propriétés mécaniques le permettent. Sinon, ils seront évacués vers un centre de traitement agréé.

Les bâtiments du poste de livraison sont déposés sur le lit de sable à l'aide d'une grue de façon à en enterrer 60 cm environ. Cette partie enterrée est utilisée pour le passage des câbles des réseaux sur site à l'intérieur des postes.

Le poste de livraison est relié au réseau de mise à la terre.

En dehors de la construction pure, les déchets issus de la maintenance sont collectés dans un/des container(s) à déchets installé(s) de façon permanente sur le site du parc éolien, soit à proximité directe d'un poste de livraison, soit à proximité d'une éolienne du parc sur la plateforme. En moyenne, leur volume est entre 30 m^3 et 40 m^3. Il ne nécessite pas la mise en place d'une fondation. Plusieurs options restent envisageables pour la meilleure intégration paysagère possible, choisies en fonction du projet et des exigences du site.

L'emplacement sera communiqué sur les plans des aménagements.

3.3.2.2.7 La base vie

Afin d'assurer le bon déroulement du chantier, l'installation d'une base vie est nécessaire. Celle-ci permet l'organisation et la coordination du chantier.

La base vie correspond à un ensemble type de plateforme empierrée en Grave Non Traitée sur généralement 40 cm de profondeur et d'une surface d'environ 1750 m^2 (70*25).

Une fois le chantier réalisé, les bâtiments posés sont enlevés et la plateforme est généralement laissée au regard du propriétaire du terrain.

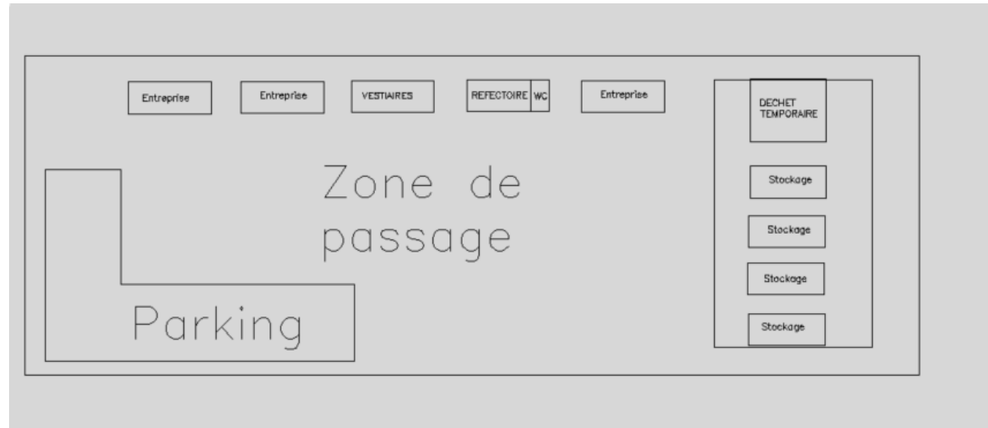


Schéma de principe d'une base vie

Pour un chantier de plus de 4 mois, une base vie comprend (Code du travail, article R4534) :

- Un ou plusieurs vestiaires, suivant le nombre de personnes
- Un réfectoire
- Un ou plusieurs sanitaires, suivant le nombre de personnes
- Des bureaux de travail de dimension 6*2,5 m de base.
- Des zones dédiées au stockage et/ou déchets chantier (5 à disposition)
- Un parking – sur le schéma 10 véhicules peuvent stationner normalement

Les bungalows de bureaux peuvent être doubles.

Une base vie doit permettre aux utilisateurs un accès à l'eau, à l'électricité, aux sanitaires et aux télécoms. Les solutions apportées sont dépendantes de l'état initial

- Les accès aux réseaux existants sont possibles
- Si un des réseaux n'est pas accessibles :
  - Mise en place de citerne au droit des zone de stockage pour l'accès à l'eau avec un renouvellement cyclique.
  - Dans le cadre d'une impossibilité d'accès à une fosse septique, utilisation de WC Chimique avec stockage.
  - Un générateur est utilisé comme source d'électricité autonome temporaire si aucun accès au réseau public n'est possible. Il fonctionne généralement au diesel.
  - Le télécom passe généralement par un réseau 4 G ou le satellite si aucune possibilité au réseau classique n'est réalisable.

Exemple de base vie - RES

3.3.3 Le trafic routier en phase chantier

Le tableau ci-après présente le nombre de camions ou convois pour l'acheminement des différents éléments composant le parc éolien :

Domaine	Activité	Ratio utilisés
Génie civil	Béton pour les fondations	Toupies de 8 m³ Environ 55 camions par fondation
	Ferraillage et coffrage	2 poids lourds par fondation et 1 convoi exceptionnel* (grue)
	Aménagement des plateformes	60 camions benne par plateforme
	Aménagement des virages et pistes d'accès	15 camions benne pour 450 m² de piste et virage créée
Lot électrique	Câblage	4 poids lourds par éolienne
	Postes de livraison	2 convois exceptionnels* par poste et 1 convoi exceptionnel pour la grue
Lot éoliennes	Éoliennes	8 convois exceptionnels* et 2 poids lourds par machine
	Levage	2 convois exceptionnels* (grue principale et auxiliaire) et 15 poids lourds (flèche et outillage)
Installation et base de vie	-	15 poids lourds

* chaque convoi exceptionnel est escorté par deux véhicules utilitaires

Tableau 40 : Trafic routier lié au chantier (Source : RES)

Au total, un trafic aller-retour d'environ 2 290 camions et 112 convois exceptionnels (associés à 224 véhicules utilitaires accompagnants) est à prévoir sur les 6 mois que durera environ le chantier, soit un trafic journalier moyen de près de 17 camions et 0,8 convoi exceptionnel sur les quelques 130 jours ouvrés de chantier.

Ce sont les opérations de coulage des fondations qui génèreront la plus grande concentration de trafic avec, pour chaque journée, 110 camions toupies (trafic aller-retour) circulant en flux tendu (le coulage d'une fondation d'éolienne prend une journée). Ces opérations ne se feront cependant pas de manière simultanée pour les 6 aérogénérateurs, mais de façon consécutive. L'apport des matériaux (grave) pour les pistes, virages et plateformes sera également à l'origine d'un important trafic puisque ces aménagements seront réalisés au début du chantier et induiront un trafic cumulé de 1 470 camions benne.

À ce trafic de camions, il y a lieu d'ajouter celui des véhicules utilitaires accompagnant les convois exceptionnels et ceux du personnel employé sur site et utilisés quotidiennement durant toute la durée des travaux.

3.3.4 La gestion des déchets en phase de chantier

3.3.4.1 Production de déchets

La prévention et la gestion des déchets sont organisées par les dispositions des articles L.541-1 et suivants et R.541-1 et suivants du code de l'environnement, qui transposent notamment la directive 2008/98/CE du 19 novembre 2008. Elles respecteront par ailleurs les articles 20 et 21 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 au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

Est défini 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 » (C.envir., art. L.541-1). L'article L.541-2 du même code dispose notamment que « tout producteur ou détenteur de déchets est tenu d'en assurer ou d'en faire assurer la gestion, conformément aux dispositions du présent chapitre. »

Les déchets collectés sur le site éolien sont classés en deux catégories :

- **Déchets Non Dangereux (DND) :** qui ne présentent pas de caractère dangereux ou toxique, ou des déchets inertes, c'est à dire ne se décomposant pas, ne brûlant pas et ne produisant aucune réaction chimique, physique ou biologique durant le stockage ;
- **Déchets Dangereux (DD) :** qui contiennent des substances toxiques et nécessitent des traitements spécifiques à leur élimination.

	Déchets Non Dangereux (DND)	Déchets Dangereux (DD)
Construction/ Démantèlement	Emballage papier, carton, plastiques non souillés Métaux Plastique Bois non traité Géotextile Terre, pierre, béton, ciment	Huile de moteur Huile Hydraulique Emballages papier, carton, plastiques souillés Chiffons souillés (d'huile, graisse, lubrifiant…) Colle et mastic
Exploitation	Emballage papier, carton, plastiques non souillés Plastique Bois non traité	Huile de boîte / Huile de moteur Huile Hydraulique Liquide de frein Emballages papier, carton, plastiques souillés Chiffons souillés (d'huile, graisse, lubrifiant …) Matériaux souillés Filtres souillés Aérosols produits chimiques Produits chimiques DEEE Néons

3.3.4.2 Gestion des déchets

La phase de construction, génère principalement des déchets non dangereux dont les ordures ménagères en lien avec la présence du personnel de chantier (emballages de repas et déchets assimilables à des ordures ménagères) ainsi que des déchets cartons, plastiques, métal et bois liés aux travaux, principalement issus d'emballages.

Ces volumes sont variables suivant les chantiers (environ 10m^3 par éolienne).

Quelques déchets dangereux seront également collectés en très faibles quantités (graisses, peintures…).

Au cours de la phase construction du parc, l'ensemble des déchets produits sera collecté, trié et évacué par une entreprise de collecte agréée vers le centre de traitement agréé le plus proche du site.

Une aire de stockage de déchets principale est implantée près de la zone de chantier (espace de vie du chantier : sanitaires, cantine, vestiaire, conteneurs pour le stockage de produits dangereux, etc.).

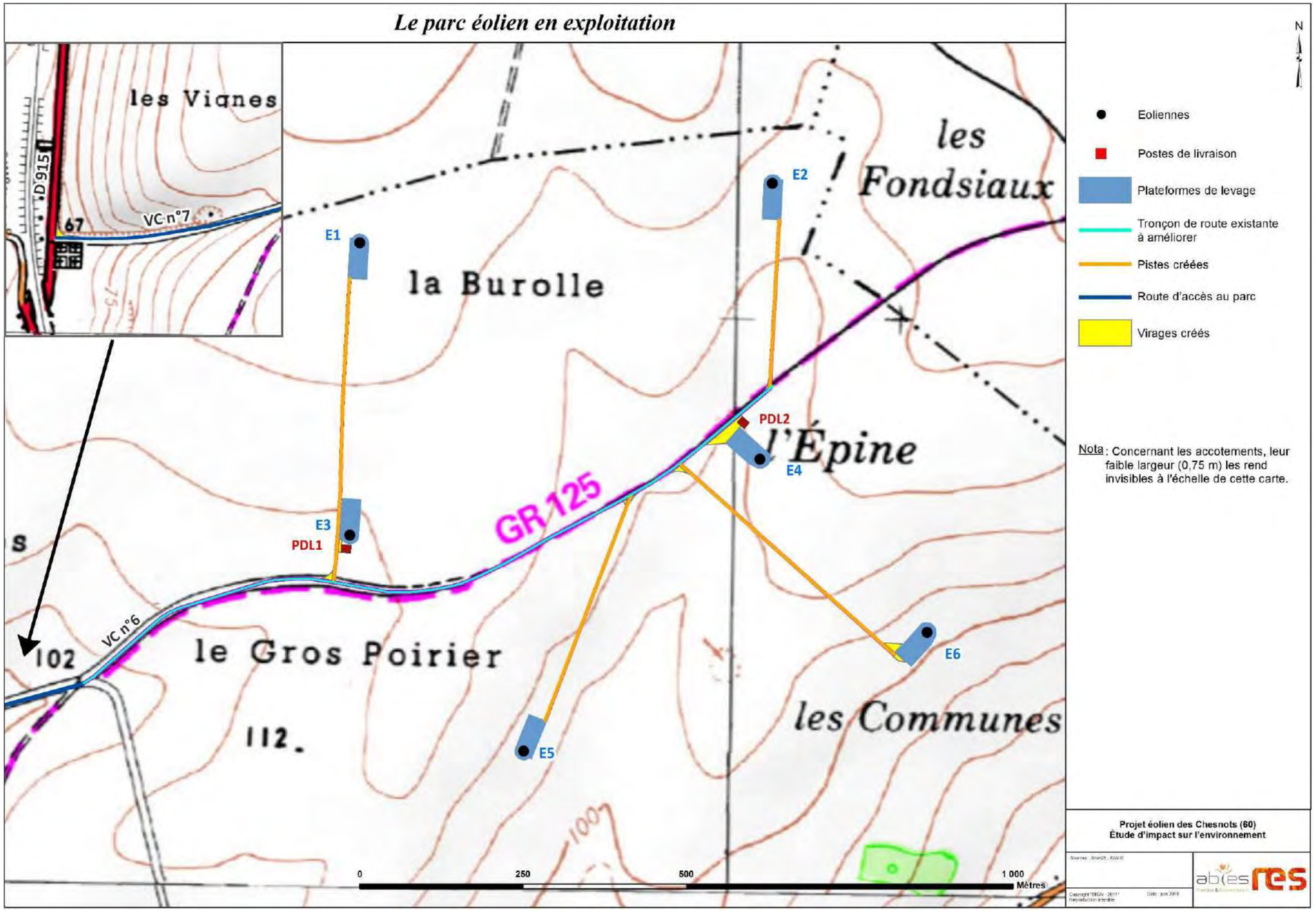
Des bennes sont prévues pour le tri de chacune des catégories de déchets, conformément à la réglementation (décret « 5 flux », élargi au tri « 7 flux » à partir de 2025 : papier, métal, verre, plastique, bois, fraction minérale et plâtre – Décret n°2021-950 du 16 juillet 2021). En phase chantier, toutes les entreprises intervenantes du site s'engagent sur :

- Le respect des règles de tri et de stockage des différents déchets
- La conformité réglementaire des filières de transport et de récupération/recyclage des déchets ;
- L'information en phase travaux à l'Ingénieur Construction quant à la nature et à la constitution des déchets et aux conditions de dépôt envisagées sur le chantier ;
- Les modalités retenues pour assurer le contrôle, le suivi et la traçabilité ;
- Les moyens matériels et humains mis en œuvre pour assurer ces différents éléments de gestion des déchets.

Par ailleurs, les installations sanitaires mobiles du chantier seront dotées de WC dont les effluents seront stockés dans des fosses étanches et évacués, afin d'éviter tout risque d'atteinte des sols et des eaux.

3.4 La phase d'exploitation

La carte suivante présente les aménagements de la phase exploitation du parc éolien des Chesnots.



Carte 16 : Le projet en phase d'exploitation

3.4.1 La durée de vie du parc éolien

La présente installation n'a pas un caractère permanent (ou non réversible) comme d'autres installations de production énergétique : elle est réversible à condition de respecter un certain nombre de règles.

L'exploitation du parc éolien des Chesnots est prévue pour une durée de 20 à 25 ans environ.

3.4.2 La production estimée

La modélisation réalisée par RES (Modèle météorologique Weather Research and Forecasting) permet d'estimer la production électrique qui sera délivrée par le parc éolien objet du présent dossier.

La production des 6 éoliennes atteindra environ 52 900 MWh / 52 900 000 kWh par an (hypothèse d'éoliennes d'une puissance unitaire de 3 MW en tenant compte des pertes). Elle correspond à l'équivalent de la consommation électrique domestique, chauffage inclus, de près de 23 000 personnes (source : RES), ce qui équivaut à la population de la Communauté de Communes du Vexin-Thelle à laquelle est intégrée Éragny-sur-Epte (20 842 habitants en 2014 selon l'INSEE).

Il s'agit d'une production annuelle estimée, étant entendu que les parcs éoliens produisent « au fil du vent » une électricité injectée sur le réseau électrique.

3.4.3 La maintenance

L'objectif global des services de maintenance est de veiller au fonctionnement optimal des éoliennes au long de leur fonctionnement, afin qu'elles répondent aux attentes de performance et de fiabilité. On distingue alors deux types de maintenance :

- **la maintenance préventive** qui permet de veiller au bon fonctionnement du parc éolien, en assurant un suivi permanent des éoliennes pour garantir leur niveau de performance tant sur le plan de la production électrique (disponibilité, courbe de puissance…) que sur les aspects lié à la sécurité des installations et des tiers (défaillance de système, surchauffe…) ; elle est menée suivant un calendrier bien précis tout au long de la vie du parc ;
- **la maintenance curative** qui est mise en place suite à une défaillance du matériel ou d'un équipement (remplacement d'un capteur, ajout de liquide de refroidissement suite à une fuite, etc.) ; ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement.

3.4.3.1 Le personnel de maintenance

Conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 Août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, la maintenance est assurée *« par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques accidentels […], ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter »*. Le personnel de maintenance *« connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours. La réalisation des exercices d'entrainement, les conditions de réalisations de ceux-ci, et le cas échéant les accidents/incidents survenus dans l'installation, sont consignés dans un registre. Le registre contient également l'analyse de retour d'expérience réalisée par l'exploitant et les mesures correctives mises en place »*.

Chaque équipe de maintenance dispose d'un local bureau et d'un atelier, des outils nécessaires aux interventions mécaniques et électriques sur les éoliennes, des moyens de protection individuels et de véhicules utilitaires.

Les équipes sont généralement composées d'un chef d'équipe et de plusieurs techniciens dans les domaines de l'électricité, de la mécanique et de la maintenance industrielle, et spécialisés pour l'intervention sur les éoliennes retenues dans le cadre du présent projet.

3.4.3.2 Arrêts d'urgence

Conformément à l'article 17 de l'arrêté du 26 Août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, *« l'exploitant réalise, avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, des essais permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre l'aérogénérateur en sécurité. Ces essais comprennent :*

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

Suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an, l'exploitant réalise des tests pour vérifier 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. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19.

Les installations électriques intérieures et les postes de livraison sont maintenus en bon état et sont contrôlés par un organisme compétent à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. […]. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance. »

3.4.3.3 Opérations périodiques de contrôle et systèmes de sécurité

Conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 Août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 :

- *« Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans.*
- *Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt spécifiées dans les consignes établies en application de l'article 22 du présent arrêté.*
- *L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse.*

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

  Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnent.
- *La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article sont consignés dans le registre de maintenance. »*

3.4.3.4 Registre de maintenance

Conformément aux articles 16 et 19 de l'arrêté du 26 Août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, *« l'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.*

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de

l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité, notamment ceux visés par le présent arrêté.

L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées ».

3.4.4 Le trafic routier en phase d'exploitation

Ponctuellement des équipes de maintenance seront présentes sur le site pour des visites de prévention et pour des interventions ponctuelles, le plus souvent à l'aide de véhicules utilitaires. Le trafic induit sera dans ce cas très faible, de l'ordre d'un à deux véhicules utilitaires.

3.4.5 La gestion des déchets d'exploitation

Les déchets générés par la maintenance des éoliennes sont de type :

- huiles usagées (environ 25% du total),
- chiffons et emballages souillés (environ 65% du total),
- piles, batteries, néons, aérosols, DEEE (environ 5% du total),
- déchets non dangereux (environ 5% du total).

Le volume des déchets peut varier et dépend de la technologie des aérogénérateurs et des opérations de maintenance pouvant différer d'une année sur l'autre. Néanmoins, on peut estimer une moyenne de 100 kg par éolienne et par an.

L'ensemble des déchets générés par la maintenance des éoliennes fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un retraitement dans un centre agréé, conformément aux exigences liées au classement ICPE.

Pour chaque parc en exploitation, les équipes d'Exploitation Maintenance établissent, pour le compte de l'exploitant (la société projet CEPE Chesnots), un plan de gestion des déchets qui permet la traçabilité de ce processus. En général, le contrat d'entretien du parc établi par le maintenancier en accord avec l'exploitant régit les conditions d'externalisation de cette activité qui est dédiée à l'entreprise réalisant la maintenance des éoliennes. Autrement dit, le contrat signé par l'exploitant indique les conditions de gestion des déchets du site : le maintenancier gère les déchets avec des prestataires habilités à le faire (centre de gestion du tri, transport, traitement, recyclage…) et les équipes d'Exploitation Maintenance supervisent cette activité en s'assurant du bon déroulement et que les bordereaux d'enlèvement des déchets soient conformes et régulièrement transmis. Cela permet d'assurer une parfaite traçabilité en cas de demande.

Les déchets issus de la maintenance sont collectés dans un/des containers à déchets installé(s) de façon permanente sur le site du parc éolien, soit à proximité directe d'un Poste de Livraison, soit à proximité d'une éolienne sur une plateforme. En moyenne, leur volume est entre 30 m^3 et 40 m^3. Il ne nécessite pas la mise en place d'une fondation. Nous disposons de plusieurs options pour la meilleure intégration paysagère possible, choisies en fonction du projet et des exigences du site.

Dans la majorité des parcs éoliens, et compte tenu de la faible quantité de déchets issus de la maintenance éolienne, un seul container est suffisant. Seule une configuration spécifique d'un parc (divisé sur plusieurs sections éloignées par exemple) pourra justifier d'installer un deuxième container, dans les mêmes conditions d'intégration paysagère.

Exemple de stockage de déchets, EOLBOX Environnement, 2021

Exemple d'intégration des containers à déchets

Sur demande, ces containers sont ensuite vidés par une entreprise de transport de déchets disposant d'un arrêté préfectoral valide. L'ensemble des déchets sont traités par des entreprises agréées.

3.5 Démantèlement et remise en état du site

La question se pose du destin final du parc éolien aux termes de son activité. Plusieurs scénarii sont possibles et seront définis avant la fin de la période d'exploitation du parc éolien.

- Le premier scénario repose sur la continuité d'exploitation du site étant donnée sa qualité éolienne ; dans ce cas, la poursuite de l'exploitation contribuerait à assurer le financement de la maintenance ou du remplacement des parties obsolètes.
- Le second scénario concerne l'abandon du site, le démantèlement intégral des installations, leur recyclage et la remise en état du site. Les estimations du coût du démantèlement d'éoliennes devenues obsolètes montrent que ce coût est inférieur ou équivalent à celui de la vente de la « ferraille » des tours et autres composants.
- Un troisième scénario est celui du renouvellement du parc éolien. Il consiste à continuer l'exploitation du site mais en remplaçant partiellement ou totalement le parc éolien par des machines plus performantes afin de profiter des évolutions de technologies et d'augmenter le rendement du parc. Plusieurs solutions seront alors possibles : renouvellement des éoliennes à l'identique, modification des caractéristiques du parc (gabarit différent, emplacement, nombre de machines). Dans ce cas, un démantèlement total ou partiel du parc existant est nécessaire. Selon la nature des modifications, de nouvelles autorisations d'exploiter seront requises.

3.5.1 Dispositions réglementaires et garanties financières

Le démontage des installations est relativement rapide et aisé. Ce démontage est rendu obligatoire depuis la parution de la Loi du 3 janvier 2003, relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie. Ceci a été confirmé par la Loi du 2 juillet 2003 « Urbanisme et Habitat » ainsi que la Loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010, portant Engagement National pour l'Environnement.

Cette obligation est inscrite dans le code de l'environnement ; l'article L.515-46 indique que *« 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. ».*

L'article 29 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, précise les modalités de remise en état du site. *Les opérations de démantèlement et de remise en état prévues à l'article R. 515-106 du code de l'environnement comprennent :*

- *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, et ayant été acceptée par ce dernier, démontrant que le bilan environnemental du décaissement total est défavorable, sans que la profondeur excavée ne puisse être inférieure à 2 mètres dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable et 1 m dans les autres cas. Les fondations excavées sont remplacées par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation ;*
- *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 ».*

Des garanties financières devront également être apportées par l'exploitant du futur parc éolien (SASU "Centrale Éolienne de Production d'Énergie (CEPE) Chesnots"). D'après l'article 30 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, le montant des garanties financières mentionnées à l'article R. 515-101 du code de l'environnement est déterminé selon les dispositions suivantes :

Le montant initial (M) 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 Cu est fixé par les formules suivantes :

- **Cu = 50 000 €** lorsque la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est inférieure ou égale à 2 MW
- **Cu = 50 000 € + 25 000 € * (P-2)** lorsque sa puissance unitaire installée de l'aérogénérateur est supérieure à 2 MW. Où P est la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur, en mégawatt (MW).

Ce montant est réactualisé par un nouveau calcul lors de leur première constitution avant la mise en service industrielle, puis actualisé tous les 5 ans. L'arrêté préfectoral fixe le montant de la garantie financière (articles 31 et 32 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021).

Le **montant prévisionnel de la garantie financière** que devra constituer le maître d'ouvrage est ainsi estimé à **630 000 €** (50 000 x X éoliennes pour des éoliennes ≤ 2 MW ou 50 000 + 25 000* (P-2) x X éoliennes pour des éoliennes ≥ 2 MW).

3.5.2 Le démantèlement du parc éolien

Les principales étapes du démantèlement sont les suivantes :

1	Installation du chantier	Mise en place du panneau de chantier, des dispositifs de sécurité, du balisage de chantier autour des éoliennes et de la mobilisation, location et démobilisation de la zone de travail.
2	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 le gestionnaire du réseau local ou RTE ne souhaiterait pas conserver ce réseau.
3	Démontage des éoliennes	Procédure inverse au montage.
		Recyclage ou traitement par des filières spécialisées.
4	Démantèlement des fondations	Excavation de la totalité des fondations jusqu'à la base de la semelle
5	Démantèlement du raccordement électrique	Retrait de 10 m de câbles autour des éoliennes et des postes de livraison.
6	Remise en état du site	Décaissement des aires de grutage et des chemins d'accès sur une profondeur de 40 centimètres. Remplacement des aires de grutage, des chemins d'accès et des fondations excavées par des terres de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation.

Tableau 41 : Les différentes étapes du démantèlement d'un parc éolien

Le parc éolien est constitué d'éléments dont la nature et la forme sont très différentes. Les techniques de démantèlement seront ainsi adaptées à chaque sous-ensemble, comme décrites ci-dessous (sous réserve le cas échéant, de toute législation ou réglementation qui imposerait à l'avenir des modalités de démantèlement différentes).

- Chaque **structure de livraison** sera déconnectée des câbles HTA, et simplement levée par une grue et transportée hors site pour traitement et recyclage.
- Les **câbles HTA** seront retirés et évacués pour traitement et recyclage sur une longueur de 10 m depuis les éoliennes et les structures de livraison. Les fouilles dans lesquelles ils étaient placés seront remblayées et recouvertes avec de la terre végétale. L'ensemble sera renivelé afin de retrouver un relief naturel.
- Le démantèlement des **éoliennes** - mâts, nacelles et pales - se fera selon une procédure spécifique au modèle d'éolienne retenu selon les règles fixées par le décret en vigueur. De manière globale on peut dire que le démontage suivra presque à la lettre la procédure de montage, à l'inverse.

Ainsi, avec une grue de même nature et dimension que pour le montage, les pales et le moyeu seront démontés, la nacelle descendue et la tour démontée, section après section. Chaque ensemble sera évacué par convoi, comme pour la construction du parc. Une partie importante des éoliennes se prête au recyclage (environ 98% selon les fournisseurs). Pour une éolienne de classe 2 mégawatts par exemple, il faudrait compter environ trois jours pour déconnecter les câbles, les tuyaux, vider les réservoirs, etc., suivi par environ deux ou trois jours (si les conditions météorologiques sont bonnes) pour le démontage.

Dans le cas d'un mât pour partie en béton, les éléments préfabriqués, qui sont maintenus par des câbles de contraintes, sont démontés par grutage successif. Ces éléments en béton seront évacués vers des centres de traitement adaptés.

Dans le cas d'une base en béton, il sera appliqué le même traitement qu'à la fondation décrit ci-après.

- Le démantèlement des **fondations** se fera en respect des décrets et arrêtés en vigueur. L'excavation de la totalité des fondations jusqu'à la base de leur semelle est requise, 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.
- Les **aires de grutages et les chemins d'accès** seront déstructurés, sauf si le propriétaire du terrain sur lequel est située l'Installation souhaite leur maintien en l'état. Tous les matériaux mis en œuvre seront évacués (pour réutilisation ou recyclage). Une couche de terre végétale avec de caractéristiques comparables aux terres à proximité de l'installation sera alors mise en place sur la hauteur déblayée (40 cm au minimum conformément à la réglementation en vigueur), puis remise en état et remodelée avec le terrain naturel.
- **Remise en état du site.** A l'issue de la remise en état des sols, les emprises concernées pourront être replantées. Un retour à une vocation agricole des emprises pourra être engagé par les propriétaires des terrains.

Les déchets de démolition et de démantèlement sont réutilisés, recyclés, valorisés ou éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet, et conformément à la réglementation en vigueur.

Si l'utilité de certains accès était avérée pour les activités agricoles ou sylvicoles notamment, la question de garder une partie des chemins d'accès en état sera abordée avec les usagers et la municipalité concernée. Conformément à l'article D.181-15-2-I-11° du Code de l'Environnement, les avis des propriétaires et des présidents d'exécutifs locaux, sur l'état dans lequel devra être remis le site lors de l'arrêt définitif de l'installation seront requis. Dans le cas du présent projet, les activités pourront reprendre à l'issue du démantèlement.

3.5.3 La gestion des déchets de démantèlement

3.5.3.1 Obligations réglementaires

Les aérogénérateurs sont essentiellement composés de fibres de verre et d'acier, ainsi que de béton pour les fondations et éventuellement le mât. En réalité la composition d'une éolienne est plus complexe et d'autres composants interviennent tels que le cuivre ou l'aluminium.

L'article 29 de l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 indique que *« les déchets de démolition et de démantèlement sont réutilisés, recyclés, valorisés, ou à défaut éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet »*. L'arrêté prévoit **qu'à partir du 1er juillet 2022, au minimum 90 % de la masse totale des aérogénérateurs démantelés, fondations incluses, et 35 % de la masse des rotors, devront être réutilisés ou recyclés.**

L'arrêté prévoit que les aérogénérateurs dont le dossier d'autorisation complet est déposé après les dates du tableau suivant ainsi que les aérogénérateurs mis en service après cette même date dans le cadre d'une modification notable, doivent avoir au minimum :

Tableau 42 : Obligations réglementaires de réutilisation ou recyclage des déchets du démantèlement des aérogénérateurs

Date d'application	Proportions de l'aérogénérateur réutilisable ou recyclable
1er janvier 2022	90 % de la masse totale des aérogénérateurs démantelés, fondations incluses, et 35 % de la masse des rotors sont réutilisables ou recyclables
1er janvier 2023	90 % de la masse totale des aérogénérateurs démantelés, fondations incluses, et 45 % de la masse des rotors sont réutilisables ou recyclables
1er janvier 2024	95 % de la masse totale des aérogénérateurs démantelés, fondations incluses, et 45 % de la masse des rotors sont réutilisables ou recyclables
1er janvier 2025	95 % de la masse totale des aérogénérateurs démantelés, fondations incluses, et 55 % de la masse des rotors sont réutilisables ou recyclables

Nous allons donc analyser en détails les différents matériaux récupérables et /ou valorisables d'une éolienne.

3.5.3.2 Identification des types de déchets

Pour chaque composant de l'éolienne plusieurs types de déchets sont identifiables :

- **les pales et le moyeu (rotor)** : les pales sont constituées de composites de résine, de fibres de verre et de carbone ; ces matériaux pourront être broyés pour en faciliter le transport. Le moyeu est souvent en acier moulé et pourra être recyclé ;
- **la nacelle** : différents matériaux composent ces éléments : de la ferraille d'acier, de cuivre et différents composites de résine et de fibre de verre voire des terres rares dans le cas de génératrices synchrones à aimants permanents. Si la plupart de ces matériaux sont facilement recyclables ce n'est pas le cas des composites de résines et de fibres de verre qui seront traités et valorisés via des filières adaptées ;
- **le mât** : le poids du mât est principalement fonction de sa hauteur. Dans le cadre du présent projet il s'agit de mâts en acier principalement composé de ferrailles de fer qui est facilement recyclable. Des échelles sont souvent présentes à l'intérieur du mât. De la ferraille d'aluminium sera récupérée pour être recyclée ;
- **le transformateur et les installations de distribution électrique** : chacun de ces éléments sera récupéré et évacué conformément à l'ordonnance sur les déchets électroniques ;
- **la fondation** : la fondation est *a minima* détruite en partie (Cf. chapitre 3.5.1) ; du béton armé sera donc récupéré. L'acier sera séparé des fragments et des caillasses.

3.5.3.3 Identification des voies de recyclage et/ou de valorisation

Avec le développement de l'énergie éolienne à travers le monde, le traitement des déchets associés au démantèlement des aérogénérateurs en fin de vie constitue une problématique grandissante. Si une éolienne de modèle récent peut être recyclée à hauteur de 80 % de sa masse (fondations mises à part), les matériaux composites dont sont constituées les pales des éoliennes représentent un défi d'ampleur pour la filière, en raison notamment de leur nature complexe, de leur taille conséquente et d'une qualité altérée par une longue exposition aux aléas climatiques.

Dans un contexte d'augmentation de la demande en matières premières et d'appauvrissement des ressources, le recyclage des matériaux prend d'autant plus sa part dans le marché des échanges.

RES S.A.S. s'engage via son approche Cycle de Vie certifiée ISO 14001 à recycler le maximum de matières premières.

Ce chapitre présente, pour chaque composant entrant dans la fabrication d'une éolienne, les différentes voies de recyclage ou de valorisation mises en œuvre à l'heure actuelle. Il se base notamment sur le travail réalisé par le Conseil général de l'économie et le Conseil général de l'environnement et du développement durable à la demande du ministre de la Transition écologique et solidaire pour étudier les pistes d'émergence d'un modèle d'économie circulaire dans la filière éolienne[28].

3.5.3.3.1 La fibre de verre et autres matériaux composites

À l'heure actuelle ces matériaux sont en majorité enfouis ou incinérés en dépit d'une réglementation européenne nettement favorable aux autres types de valorisation des déchets (recyclage, valorisation énergétique, …).

Les principaux matériaux pouvant être récupérés du recyclage des pales sont la fibre de carbone et la fibre de verre. Les perspectives concernant les composites renforcés de fibres de carbone sont intéressantes, avec une demande conséquente à l'échelle mondiale qui devrait encore grandir grâce à de nouvelles applications industrielles (dans l'aérospatiale et l'automobile notamment). Les fibres de carbone recyclées auront l'avantage de satisfaire quantitativement à cette demande, avec des coûts de production et des prix de vente moindres par rapport au matériau vierge. La recherche se consacre actuellement à résoudre les problèmes posés par le traitement des matériaux composites, avec de larges investissements sur les solutions de recyclage des composites renforcés en fibres de carbone. Concernant le recyclage des composites renforcés de fibre de verre, les débouchés sont actuellement plus limités que pour la fibre de carbone, en raison notamment de la faible valeur du produit recyclé.

Deux principaux types de valorisation peuvent être distingués concernant les matériaux composites :

- La valorisation matière

  Dans cette optique, il s'agit de dissocier les matières plastiques des fibres afin de récupérer ces dernières pour les réintégrer dans de nouveaux procédés de fabrication. Toutefois, les procédés utilisés pour cette dissociation des matériaux, la solvolyse et la pyrolyse demeurent au stade d'essai laboratoire pour le premier et très énergivore pour le second. Ce dernier n'est, par ailleurs, adapté qu'à la récupération des fibres de carbones car il dégrade trop fortement les propriétés mécaniques des fibres de verre.

  Une troisième solution de valorisation matière consiste à broyer l'ensemble du composite afin d'obtenir un mélange aggloméré de fibres et de résine pouvant être réintroduit dans la filière de fabrication de produits à base de composites. Toutefois, les propriétés du matériau réutilisé s'avèrent inférieures à celles d'un matériau vierge. Certaines innovations sont à noter en ce sens : la fibre de verre possède des propriétés anti-bruit pouvant être valorisées ; ainsi, une entreprise danoise recycle la fibre de verre constituant les pales d'éoliennes pour en faire des granulés qui sont utilisés pour la construction de murs anti-bruit. Ce procédé s'avère par ailleurs intéressant sur le plan énergétique et climatique puisque, si l'on compare la construction de 100 m² de murs anti-bruit constitués de plastique et de fibre de verre à une surface équivalente de murs construits de manière « classique » à partir d'aluminium et de laine de roche, les murs faits de plastique et de fibres de verre recyclés permettent une réduction d'environ 60 % des émissions de CO2 et de près de 40 % de la consommation d'énergie nécessaire à leur construction.

- La valorisation énergétique

  Parmi les différentes possibilités de valorisation énergétique, la plus probable pour les déchets de pales d'éoliennes reste celle de la valorisation en tant que Combustible Solide de Récupération (CSR). Les principales débouchées en la matière concernent actuellement l'industrie du ciment qui cherche à substituer les combustibles fossiles par des combustibles déchets pour faire fonctionner leurs fours. Bien que ne possédant pas le pouvoir calorifique des combustibles fossiles classiques ainsi que des autres déchets, les composites des éoliennes comportent un taux élevé de fibres de verre, ce qui constitue un avantage dans la mesure où la silice est un des composants du clinker[29]. En Allemagne, par exemple, les pales sont découpées, broyées puis brulées ; les cendres de verre sont ensuite utilisées comme substitut du sable (silice) dans la formulation des ciments.

La mise en décharge est une des solutions si aucune possibilité de valorisation n'est trouvée pour les matériaux composites des pales. En effet, en France, la réglementation n'autorise que la mise en décharge des déchets ultimes[30], or la majorité des déchets composites est encore considéré à ce titre. A l'inverse, en Allemagne, il est interdit de mettre en décharge tout déchet comportant plus de 5% de matière organique, ce qui est le cas des déchets composites.

3.5.3.3.2 L'acier

Mélange de fer et de coke (charbon) chauffé à près de 1 600°C dans des hauts-fourneaux, l'acier est préparé pour ses multiples applications en fils, bobines et barres. Ainsi on estime que pour une tonne d'acier recyclé, 1 tonne de minerai de fer est économisée. Ainsi l'acier se recycle à 100 % et à l'infini. Avec un taux de recyclage qui dépasse les 62 %, l'acier est le matériau le plus recyclé en Europe. Son taux de collecte peut atteindre 80 à 90 % selon les usages (source : Centre d'Information sur les Emballages Recyclés en Acier).

3.5.3.3.3 Le cuivre

Selon l'International Copper Study Group (ICSG), 41,5 % du cuivre utilisé en Europe provient du recyclage, ce qui souligne l'importance croissant de ce mode d'approvisionnement. Le cuivre a la propriété remarquable d'être recyclable et réutilisable à l'infini sans perte de performances ni de propriétés.

Le recyclage a un rôle important à jouer dans la chaîne d'approvisionnement en ce sens qu'il permet d'éviter l'extraction des ressources naturelles.

En 2011 en France, 2,1 millions de tonnes de cuivre, en provenance de produits en fin de vie et de déchets d'usine directement recyclés (refonte sur site), ont été réutilisés, soit une augmentation de 12 % en un an (source : Centre d'Information du Cuivre, Laiton et Alliages). Cette augmentation des quantités de cuivre recyclé est la conséquence de l'accroissement de l'utilisation de ce métal dans le monde.

Le cuivre est devenu omniprésent dans les équipements de notre vie actuelle : électroménager, produits high-tech, installations électriques, télécommunications, moteurs, systèmes solaires ou bâtiments intelligents.

3.5.3.3.4 L'aluminium

Comme l'acier, l'aluminium se recycle à 100 %. Une fois récupéré, il est chauffé et sert ensuite à fabriquer des pièces moulées pour des carters de moteurs de voitures, de tondeuses ou de perceuses, des lampadaires, etc.

3.5.3.3.5 Les huiles et les graisses

Les huiles et graisses seront récupérées et traitées dans des filières de récupération spécialisées.

L'ensemble des déchets et résidus issus du chantier, de la maintenance, du démantèlement et de la remise en état du site sera évacué vers des filières adaptées et agréées en vue du traitement le plus adéquat le moment

[28] CONSEIL GÉNÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, CONSEIL GÉNÉRAL DE L'ÉCONOMIE. *Économie circulaire dans la filière éolienne terrestre en France*. Mai 2019, 88 pages

[29] Produit de la cuisson des constituants principaux du ciment, à la sortie du four, mais avant broyage.

[30] Déchet résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux"

venu. L'article 20 de l'arrêté ICPE du 26 août 2011[31] stipule notamment que les déchets doivent être éliminés dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 du code de l'environnement. Le brûlage de déchets à l'air libre est interdit.

L'article 21 de ce même arrêté précise que les déchets non dangereux et non souillés par des produits toxiques sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des filières autorisées. Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités.

3.5.3.3.6 Le béton

Le béton provient de deux sources possibles dans le cadre du démantèlement d'un parc éolien :

- les fondations, qui représentent la plus grande quantité de béton ;
- le mât, qui peut être composé en partie de béton sur certaines éoliennes.

En ce qui concerne les fondations, conformément à la réglementation en vigueur sur le démantèlement, leur excavation totale est obligatoire. Le béton armé qui est récupéré est alors trié, concassé et déferraillé. Le béton issu de ce processus est alors recyclé sous forme de gravillons ou de graves principalement valorisés en sous-couche routière dans le cadre de chantiers de travaux publics, en remplacement de granulat naturel. Si leur qualité le permet, les graviers peuvent également être réutilisés en construction pour être incorporés au sable et au ciment et produire à nouveau du béton. Cette méthode de recyclage du béton a notamment fait l'objet d'un projet de recherche à partir de 2012 dont les résultats révélés en 2018 ont démontré qu'il était possible de dépasser les limites techniques de sa réutilisation. Ainsi, des opérations pilotes ont été menées comme la construction d'ouvrages d'art ou de voies routières (contournement Nîmes-Montpellier), où l'utilisation de bétons recyclés a été mise en œuvre.

Concernant les tiges d'armature métallique collectées, celles-ci sont constituées d'acier ; elles sont donc valorisées conformément aux dispositions présentées dans le chapitre 3.5.3.3.2.

3.5.3.3.7 Les terres rares

L'utilisation de terres rares ne concerne qu'une très faible proportion d'éoliennes (3% des éoliennes en France) et implique les éoliennes les plus puissantes dont les génératrices utilisent des aimants permanents.

L'enjeu du recyclage des aimants permanents des éoliennes ne se posera qu'à partir de 2030 en France et les quantités demeureront très faibles (excepté en prenant en compte la probable montée en puissance du parc éolien offshore où l'utilisation des aimants permanents est systématique mais dont le démantèlement n'interviendrait pas avant 2040). En tout état de cause, la voie de recyclage la plus probable des terres rares concernerait une « réutilisation directe » des aimants après reconfiguration dans une optique similaire.

A noter qu'étant donné les problématiques inhérentes à la production et l'approvisionnement en terres rares (impact environnemental, concurrence, etc.), les fabricants d'éoliennes cherchent de plus en plus à diminuer la quantité de terres rares composant les aimants permanents, voire à s'en passer simplement.

3.5.4 Remise en état du site

Une fois les différents équipements du parc éolien démantelés et évacués, les fondations seront détruites et retirées sur le premier mètre sous la surface puis les emplacements des fondations seront rebouchés de terre végétale. Les aires de grues seront décompactées, tous les matériaux mis en œuvre seront évacués (pour réutilisation ou recyclage). Une couche de terre végétale sera alors mise en place sur la hauteur déblayée (40 cm au minimum conformément à la réglementation en vigueur), puis remise en état et remodelée avec le terrain naturel. Les mêmes mesures de prévention et de réduction que celles prévues pour le chantier seront appliquées.

Si l'utilité de certains accès était avérée pour les activités agricoles notamment, la question de garder une partie des chemins d'accès en état sera abordée avec les usagers et la municipalité concernée.

Dans le cas du présent projet, les activités agricoles pourront reprendre à l'issue du démantèlement.

[31] 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

3.6 Vulnérabilité du projet…

3.6.1 …face au changement climatique

Une éolienne est un système de captation d'une ressource climatique : le vent. Sa vulnérabilité face aux changements climatiques, question posée par le décret n° 2016-1110 du 11 août 2016[32] porte sur :

- la fréquence et l'intensité des vents extrêmes ;
- la fréquence et l'intensité des orages ;
- les conséquences indirectes de précipitations ou de sécheresses extrêmes.

3.6.1.1 Vents extrêmes

Chaque modèle d'éolienne est associé à une classe de vent, établie par une norme internationale portant sur les exigences de conception des machines, la norme IEC 61400-1. Ces différentes classes indiquent les vitesses de vents que les aérogénérateurs doivent supporter ; elles sont principalement définies par trois critères mesurés à la hauteur du moyeu de la future éolienne :

- la vitesse moyenne du vent sur une année ;
- la vitesse de la plus forte rafale du site (sur une période de 50 ans) ;
- l'intensité des turbulences.

Quatre classes de vent (I, II, III et IV) sont ainsi définies par la norme IEC, avec les éoliennes de classe I les plus résistantes et donc destinées aux zones de vents les plus forts. À l'inverse, les éoliennes de classe IV sont les moins résistantes et conçues pour les zones de vents les plus faibles. Le tableau suivant présente cette classification :

Classe	Vitesse moyenne annuelle	Plus forte rafale
I (vents forts)	< 10 m/s (36 km/h)	< 70 m/s (252 km/h)
II (vents moyens)	< 8,5 m/s (30,6 km/h)	< 59,5 m/s (214 km/h)
III (vents faibles)	< 7,5 m/s (27 km/h)	< 52,5 m/s (189 km/h)
IV (vents très faibles)	< 6 m/s (21,6 km/h)	< 42 m/s (151 km/h)

Tableau 43 : Principales caractéristiques des classes de vents auxquelles appartiennent les éoliennes

Les éoliennes du présent projet sont de classe III et sont capables de résister à des rafales de près de 190 km/h à hauteur de moyeu. Avec le dérèglement climatique, la fréquence et l'intensité des vents extrêmes devraient évoluer à la hausse.

Les dispositions et dispositifs techniques mis en place pour faire face ou se protéger des vents extrêmes sont les suivants :

- à compter de 25 m/s (90 km/h), le système d'inclinaison des pales, informé par les anémomètres présents sur la nacelle, les positionne parallèlement à la direction du vent (mise en drapeau) afin de minimiser leur prise au vent. Le rotor tourne alors lentement en roue libre ;
- en cas d'emballement soudain, un frein à disque placé sur l'arbre rapide vient ralentir ou stopper le mouvement du rotor.

Ces dispositifs de freinage représentent au plus une perte de production électrique d'une dizaine d'heures dans l'année.

[32] Décret n° 2016-1110 du 11 août 2016 relatif à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes

Vulnérabilité du projet face à l'augmentation des épisodes de vents extrêmes

Compte-tenu de :

- l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vents extrêmes qui devrait rester minime à faible à l'échelle de la durée de vie du parc éolien (une vingtaine d'années) ;
- des dispositions techniques mise en place sur les aérogénérateurs pour supporter les vents forts ;
- des prévisions météorologiques qui permettent d'anticiper les périodes de vents extrêmes ;

il n'est pas attendu de conséquences particulières sur la vulnérabilité du parc éolien à cette question. Aucun impact sur l'environnement lié à cette vulnérabilité n'est donc attendu.

3.6.1.2 Orages

Chaque éolienne est équipée de dispositifs de paratonnerre (dans chaque pale) et de mise à la terre générale pour se prémunir des risques de foudre. Par ailleurs, les services de maintenance procèdent régulièrement au contrôle des pales, notamment suite à des épisodes orageux d'importance.

Vulnérabilité du projet face à l'augmentation des épisodes orageux

Avec le dérèglement climatique, la fréquence et l'intensité des phénomènes orageux pourraient évoluer à la hausse. Mais compte tenu des dispositions techniques, il n'est pas attendu de conséquences particulières quant à la vulnérabilité du projet à cette question, et donc de conséquences sur l'environnement, si ce n'est une éventuelle augmentation du nombre de vérifications, voire de réparations ou de remplacements de pales.

3.6.1.3 Conséquences indirectes de précipitations ou de sécheresses extrêmes

Les phénomènes de précipitations ou de sécheresses extrêmes pourraient être plus fréquents et intenses face aux dérèglements climatiques. En ce qui concerne les éoliennes, les risques portent donc sur le travail du sol dans lequel est enfouie la fondation et donc sur la stabilité des machines.

Vulnérabilité du projet face à l'augmentation des épisodes de précipitation et de sécheresses extrêmes

Il n'y a pas lieu d'attendre de conséquences sur la vulnérabilité des aérogénérateurs au phénomène de travail du sol, et ce pour les raisons suivantes :

- le site éolien n'est pas sensible au risque d'inondation ;
- l'aléa retrait-gonflement des argiles est faible au droit des 6 aérogénérateurs ;
- les fondations sont dimensionnées avec des marges de sécurité conséquentes permettant de pallier une hausse éventuellement significative de la fréquence des phénomènes de précipitations ou de sécheresses extrêmes.

3.6.2 …face à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs

L'article R.122-5 du code de l'environnement demande que l'étude d'impact sur l'environnement décrive notamment les « *incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné.* ». Afin d'évaluer ces incidences négatives, il est ainsi nécessaire d'identifier les accidents ou catastrophes majeurs auxquels un parc éolien est vulnérable et d'en déduire les conséquences sur ses équipements susceptibles d'impacter l'environnement (incendie, effondrement d'éolienne, etc.). **Cette analyse préalable est exposée dans le présent chapitre ; elle donne également une estimation de la probabilité d'occurrence de ces évènements**.

Les incidences négatives sur l'environnement liées aux dégâts que peuvent subir les éoliennes ainsi que les mesures d'évitement et de réduction mises en place seront respectivement traitées dans les chapitres « 6. Incidences notables du projet sur l'environnement » et « 7. Mesures et incidences résiduelles ».

3.6.2.1 Détermination des évènements auxquels un parc éolien est vulnérable et de leurs conséquences

Au cours de son exploitation, un parc éolien est susceptible de faire face à différents accidents en lien avec des dysfonctionnements internes et/ou des évènements externes.

Le recensement de ces dysfonctionnements et évènements s'appuie sur le « Guide Technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » publié en mai 2012. Ce document, réalisé par un groupe de travail constitué de l'Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS (INERIS) et de professionnels du Syndicat des Energies Renouvelables[33] (SER), présente notamment :

- un tableau de l'accidentologie française compilant l'ensemble des accidents et incidents connus concernant la filière éolienne entre 2000 et 2011. Le contenu de ce tableau est complété et mis à jour depuis 2011 en fonction des éléments parus dans la presse et publiés par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI)[34] ;
- un tableau de l'analyse générique des risques décrivant « *l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés* » pouvant concerner un parc éolien.

Les informations disponibles dans ces bases de données ont été compilées et sont exposées dans le tableau suivant qui présente :

- selon leur typologie, les accidents et catastrophes majeurs auxquels un projet éolien est vulnérable (Cf. colonne "Évènement initiateur") ;
- les conséquences pour le parc éolien et ses équipements (Cf. colonne "Évènement redouté") ;
- la zone d'effet attendue des évènements redoutés (calculs issus du "Guide Technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens"). Le modèle d'éolienne retenu pour ces calculs est celui présentant les dimensions générant les zones d'effet les plus étendues : Hauteur totale = 180 ; Diamètre du rotor = 140 m ; Hauteur du moyeu = 110 m.

[33] Porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens, services de l'État, associations, etc.
[34] Au sein de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère du développement durable, le BARPI est chargé de rassembler et de diffuser les informations et le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques. Une équipe d'ingénieurs et de techniciens assure à cette fin le recueil, l'analyse, la mise en forme des données et enseignements tirés, ainsi que leur enregistrement dans la base A.R.I.A. (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents). Cette base de données recense les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement.

Tableau 44 : Accidents et catastrophes majeurs auxquels un parc éolien est vulnérable et les conséquences sur ses équipements

	Évènement initiateur	Évènements redoutés	Zone d'effet autour de l'éolienne ou du poste de livraison[35]
Évènement extérieur	Gel	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle → **chute de fragments ou de blocs de glace**	Périmètre équivalent à la zone de survol du rotor, soit 70 m maximum autour de l'axe du mât de l'éolienne (longueur d'un demi-rotor)
		Dépôt de glace sur les pales → **projection de fragments ou de blocs de glace**	Rayon maximal de 375 m autour de l'éolienne
	Humidité/Gel/Inondation par crue, rupture de barrage, etc. (corrélé à un dysfonctionnement des systèmes de protection électrique)	Court-circuit sur les installations électriques → **incendie du poste de livraison ou de l'éolienne avec risque de projection d'éléments incandescents**	Dans le cas de l'éolienne : rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur Dans le cas du poste de livraison : poste de livraison et abords
	Mouvement de terrain	**Effondrement de tout ou partie de l'éolienne avec risque de fuite d'huile**	Rayon équivalent à la hauteur de l'éolienne en bout de pale : 180 m
	Crash d'aéronef, sortie de route d'un véhicule		
	Séisme		
	Vents forts	Défaillance de la fondation → **effondrement de tout ou partie de l'éolienne avec risque de fuite d'huile**	
	Désaxage du rotor suite à un impact sur une pale ou sur le mât		
	Rupture de câble électrique venant percuter une éolienne ou le poste de livraison	**Incendie du poste de livraison ou de l'éolienne avec risque de projection d'éléments incandescents**	Dans le cas de l'éolienne : rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur Dans le cas du poste de livraison : poste de livraison et abords
	Acte de malveillance		
		Effondrement de tout ou partie de l'éolienne avec risque de fuite d'huile	Rayon équivalent à la hauteur de l'éolienne en bout de pale : 180 m
	Incendie des terrains environnants (cultures/bois)	**Incendie du poste de livraison ou de l'éolienne avec risque de projection d'éléments incandescents**	Dans le cas de l'éolienne : rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur Dans le cas du poste de livraison : poste de livraison et abords
Dysfonctionnement interne	Dysfonctionnement électrique	Court-Circuit → **incendie du poste de livraison ou de l'éolienne avec risque de projection d'éléments incandescents**	
	Défaillance du dispositif de captage de la foudre ou du système de mise à la terre	**Incendie du poste de livraison ou de l'éolienne avec risque de projection d'éléments incandescents**	
		Chute de pale ou de fragment de pale	Périmètre équivalent à la zone de survol du rotor, soit 70 m maximum autour de l'axe du mât de l'éolienne (longueur d'un demi-rotor)
	Survitesse liée à une défaillance du système de freinage ou du dispositif de surveillance de la vitesse du rotor	Surchauffe des parties mécaniques → **incendie de l'éolienne avec risque de projection d'éléments incandescents**	Dans le cas de l'éolienne : rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur
		Projection de pale ou d'éléments de pale	Rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur
		Désaxage du rotor → **effondrement de tout ou partie de l'éolienne avec risque de fuite d'huile**	Rayon équivalent à la hauteur de l'éolienne en bout de pale : 180 m
	Désaxage de la génératrice/Pièce défectueuse/Défaut de lubrification	Surchauffe des parties mécaniques → **incendie de l'éolienne avec risque de projection d'éléments incandescents**	Dans le cas de l'éolienne : rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur
	Défaut d'étanchéité (système de lubrification, convertisseur, transformateur)	**Fuite d'huile**	Pieds/abords du mât
	Erreur de maintenance (renversement de fluides)		
	Défaut de fixation lié à un équipement défectueux ou à une erreur de maintenance (boulon, nacelle, pale, etc.)	**Chute d'éléments de l'éolienne**	Périmètre équivalent à la zone de survol du rotor, soit 70 m maximum autour de l'axe du mât de l'éolienne (longueur d'un demi-rotor)
	Fatigue/Corrosion	**Projection de pale ou d'éléments de pale**	Rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur
	Défaut de dimensionnement ou de fabrication de la fondation	**Effondrement de tout ou partie de l'éolienne avec risque de fuite d'huile**	Rayon équivalent à la hauteur de l'éolienne en bout de pale : 180 m

[35] Calculs issus du "Guide Technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens"

Évènements redoutés pour les parcs éoliens en cas d'accident ou catastrophe majeurs

Bien que leur occurrence soit limitée (Cf. paragraphe suivant) et que des systèmes de protection soient installés sur les aérogénérateurs, il apparaît à la vue du tableau précédent que les accidents et catastrophes majeurs auxquels un parc éolien est sensible sont variés. Les conséquences de ces évènements sur le parc et ses équipements sont souvent les mêmes ; elles peuvent être regroupées en 8 scénarios dont les zones d'effet sont variables :

Évènement redoutée	Zone d'effet
Chute de blocs ou de fragments de glace	Périmètre équivalent à la zone de survol du rotor, soit 70 m maximum autour de l'axe du mât de l'éolienne (longueur d'un demi-rotor)
Projection de blocs ou de fragments de glace	Rayon maximal de 375 m autour de l'éolienne
Incendie du poste de livraison	Abords du poste de livraison
Incendie de l'éolienne avec risque de projection d'éléments incandescents	Rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur
Effondrement de tout ou partie de l'éolienne	Rayon équivalent à la hauteur de l'éolienne en bout de pale : 180 m
Fuite d'huile	La zone d'effet maximale correspond à la hauteur de l'éolienne en bout de pale (cas d'un déversement d'huile suite à effondrement de la machine), soit 180 m.
Chute d'éléments de l'éolienne (incluant pale ou fragment de pale)	Périmètre équivalent à la zone de survol du rotor, soit 70 m maximum autour de l'axe du mât de l'éolienne (longueur d'un demi-rotor)
Projection de pale ou de fragment de pale	Rayon de 500 m autour de l'aérogénérateur

Tableau 45 : Conséquences attendues sur un parc éolien et ses équipements en cas d'accident ou de catastrophe majeurs

3.6.2.2 Occurrence des évènements redoutés

Le tableau de l'accidentologie française, extrait du "Guide Technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens[36]", identifie entre 2000 et fin 2017 près de 60 accidents et incident sur des parcs éoliens susceptibles d'avoir une incidence sur l'environnement, dont 8 sont concomitants (par exemple, un incendie entrainant une chute de pale ou un effondrement associé à un déversement d'huile).

Parmi ces évènements :

- 23 sont en lien avec le scénario "chute d'éléments de l'éolienne" ; ils concernent majoritairement les pales ou des fragments de pales ;
- 16 concernent des incendies ; un seul de ces évènements a donné lieu à un cas rapporté de projection d'éléments incandescents ;
- 10 portent sur le scénario de projection de pale ou de fragment de pale ;
- 9 sont en lien avec le scénario "Effondrement de tout ou partie de l'éolienne" ;
- 3 concernent une fuite d'huile.

[36] Tableau mis à jour via les articles de presse publiés et les données du BARPI consultable dans l'étude de dangers présente dans le Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

À la lecture de ces données, il apparait notamment qu'aucune chute ou projection de glace n'a été identifiée par le tableau de l'accidentologie française. Ce résultat ne signifie pas pour autant que cela ne s'est jamais produit ; il met seulement en évidence le fait qu'aucun élément de parc éolien n'a subi de dégâts consécutifs à la projection d'un morceau de glace.

Il est nécessaire de considérer l'occurrence des différents scénarios identifiés durant la période de recensement de l'accidentologie française (entre novembre 2000 et décembre 2017) au regard du nombre d'années de présence d'éoliennes sur le territoire national sur cette même période, on parle d'« années-éolienne ». Le concept d'années-éolienne peut être illustré de la façon suivante : si l'on considère sur un territoire donné que 10 éoliennes ont fonctionné sur une année complète, la durée de présence de l'ensemble des machines correspond à 10 machines x 1 année, soit 10 années-éolienne.

Ainsi, sur cette période de 18 années, il est estimé à environ 49 900 années-éolienne la présence d'aérogénérateurs sur le territoire français. En décembre 2017, le parc éolien français compte environ 6 500 éoliennes pour une puissance installée de 13 472 MW.

À partir de ces chiffres, le tableau suivant donne la probabilité qu'une éolienne française soit concernée par l'un des scénarios identifiés au cours d'une année de fonctionnement.

Scénario (évènement redouté)		Nombre d'évènements recensés entre 2000 et 2017	Nombre d'années-éolienne estimées entre 2000 et 2017	Probabilité d'occurrence de l'évènement sur une éolienne au cours d'une année de fonctionnement
Chute d'éléments de l'éolienne		23	49 900	0,046 %
Incendie de l'éolienne	sans projection d'éléments incandescents	15		0,03 %
	avec projection d'éléments incandescents	1		0,002 %
Projection de pale ou de fragment de pale		10		0,02 %
Effondrement de tout ou partie de l'éolienne		9		0,018 %
Fuite d'huile		3		0,006 %
Chute de blocs ou de fragments de glace		0		Proche de 0 % (aucun évènement recensé entre 2000 et 2017)
Projection de blocs ou de fragments de glace		0		Proche de 0 % (aucun évènement recensé entre 2000 et 2017)
Incendie du poste de livraison		0		Proche de 0 % (aucun évènement recensé entre 2000 et 2017)

Tableau 46 : Estimation de la probabilité d'occurrence d'un évènement redouté sur une éolienne du parc des Chesnots au cours d'une année de fonctionnement.

Conclusion sur la probabilité d'occurrence des évènements redoutés

Quel que soit le scénario considéré, la probabilité d'occurrence des évènements identifiés susceptibles d'avoir des incidences négatives sur l'environnement (scénarios) semble très faible ; les évènements les plus fréquents étant la chute d'éléments de l'éolienne et l'incendie de machines sans projection d'éléments incandescents.

3.7 Le projet en bref

Six éoliennes implantées sur le territoire d'Éragny-sur-Epte

Le projet éolien des Chesnots consiste en l'implantation de six aérogénérateurs sur le territoire de la commune d'Éragny-sur-Epte dans le département de l'Oise.

Les éoliennes qui équiperont le site mesureront 180 m de hauteur en bout de pale.

Le parc éolien comptera également deux postes de livraison situés respectivement à proximité des éoliennes E3 et E4. L'option envisagée pour évacuer l'électricité produite porte sur le poste source d'Étrépagny, situé à près de 11 km à l'ouest du site éolien (distance à vol d'oiseau) et à 14,3 km en passant par la route.

Le déroulement du chantier pour la construction d'un parc éolien est une succession d'étapes importantes se succédant dans un ordre bien précis :

- installation de la base de vie ;
- préparation des terrains, création des pistes et des plateformes et réalisation des tranchées de raccordement électrique ;
- installation des fondations ;
- stockage des éléments des éoliennes ;
- installation des éoliennes et des postes de livraison ;
- tests et mise en service du parc éolien ;
- remise en état du site avant exploitation.

La durée estimée du chantier est d'environ 6 mois.

La production des six aérogénérateurs atteindra environ 52 900 MWh par an, soit l'équivalent de la consommation électrique domestique, chauffage inclus, de près de 23 000 habitants.

La vulnérabilité du projet face aux changements climatiques est réduite. Concernant les phénomènes accidentels et catastrophes majeurs, les conséquences sur le parc (incendie, chute ou de projection de glace et d'éléments, chute d'aérogénérateurs, fuite d'huile) sont particulièrement rares.

Le démantèlement des installations éoliennes est prévu par la législation : des garanties financières devront être apportées par l'exploitant du futur parc éolien, soit 300 000 € (50 000 € par éolienne).

Une fois les aérogénérateurs démantelés et leurs composants évacués du site, l'excavation des fondations devra être réalisée en totalité. Le démantèlement devra également porter sur les câbles électriques de raccordement dans un rayon de 10 mètres autour des éoliennes et des postes de livraison.

À l'issue du démantèlement, les emprises seront restituées à l'activité agricole.

Le tableau ci-après détaille les emprises strictes du projet. L'emprise permanente en phase de fonctionnement sera de 2,7 ha environ, alors que l'emprise temporaire liée aux aménagements durant le chantier sera de 5,1 ha.

Poste	Détails	Emprise chantier	Emprise exploitation
Parc éolien			
Socles des six éoliennes	Chantier : Fondations cylindriques de 25 m de diamètre maximum + bande de travail de 2,5 m de large. Exploitation : Les fondations seront immobilisées sur un rayon de 10 m autour de l'embase, soit un rayon de 13,5 m autour de l'axe du mât.	4 260 m²	Intégré dans la surface des plateformes
Chemins de desserte des éoliennes	Chantier : Aménagement de près de 1 530 m de voies nouvelles (6 890 m²), d'élargissements de voies existantes (1 200 m²), d'accotements (4 095 m²) et de 7 virages (3 150 m²). Exploitation : Parmi les différents aménagements réalisés, des virages seront réduits (- 1 500 m²).	15 335 m²	13 835 m²
Six plateformes de levage	Chantier : Surface unitaire moyenne de 2 166 m² (1 405 m² hors fouilles). Exploitation : Les plateformes seront conservées.	8 430 m² (hors fouilles)	13 00 m² (incluant l'emprise immobilisée des fondations
Postes de livraison	Dimensions de la plateforme de chaque poste : 12 m x 14,5 m.	360 m²	360 m²
Tranchées d'implantation du réseau électrique et de télécommunication inter-éolien	Chantier : un linéaire de 430 m est inclus dans les aménagements du projet (accotements des voies créées et élargies, plateformes, etc.). Les autres tranchées seront creusées sur des terrains agricoles (1 950 m). Exploitation : Tranchées intégralement recouvertes. Les tronçons inscrits sur des terres cultivées sont restitués à l'agriculture.	975 m²	0 m²
Aires de travail temporaires	Chantier : Surface unitaire moyenne de 3 515 m². Exploitation : Aires de travail effacées.	21 100 m²	0 m²
Base vie	Chantier : Surface maximale de 1 750 m². Exploitation : La base vie sera effacée.	1 750 m²	0 m²
TOTAL		**5,1 ha**	**2,7 ha**

Tableau 47 : Les emprises du projet éolien des Chesnots en phases chantier et exploitation

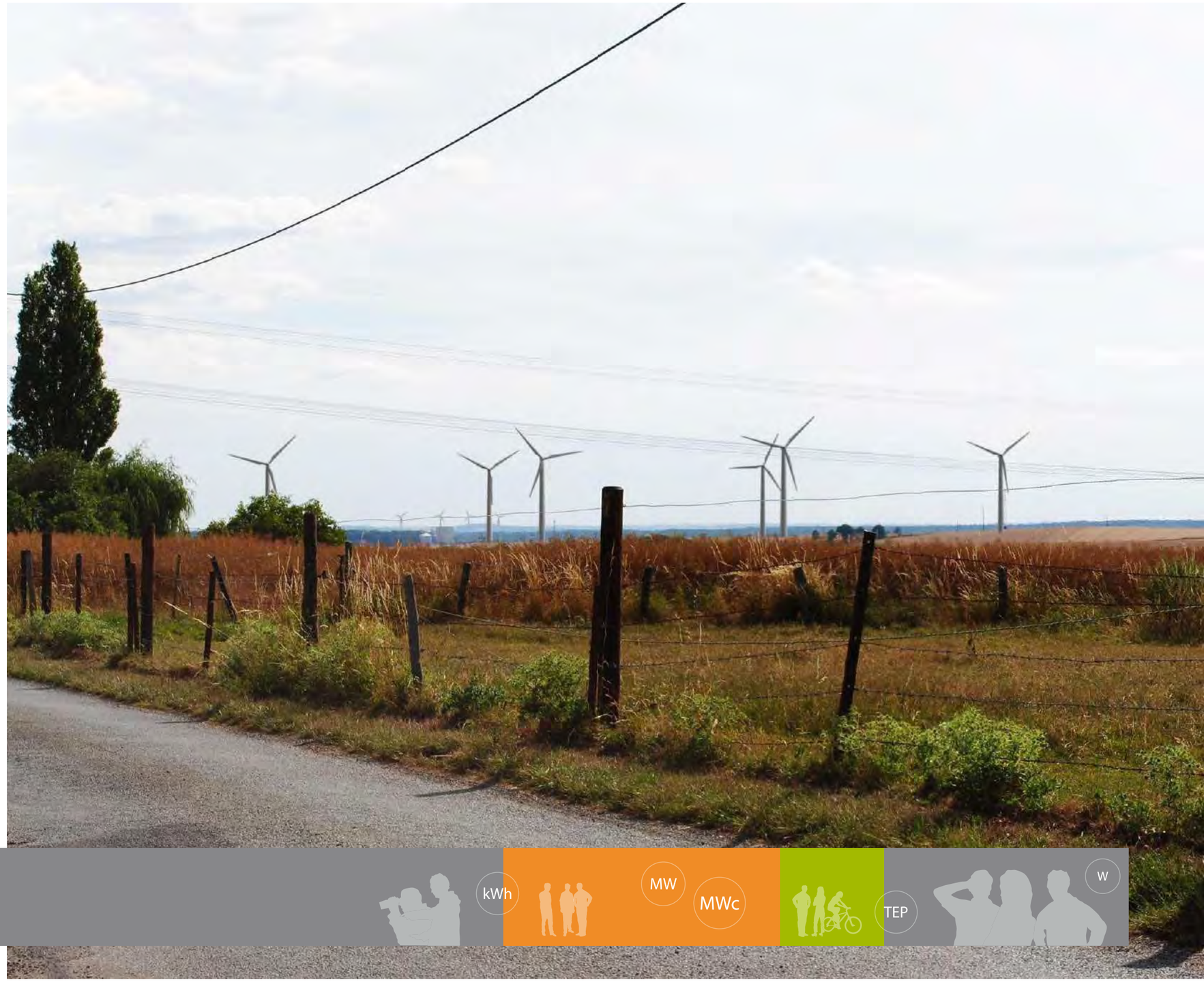
PRISE EN COMPTE DES **ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX** : RISQUES NATURELS, FAUNE, ACOUSTIQUE, ACTIVITÉS, PAYSAGE, ETC.

DÉMARCHE GLOBALE DE **CONCERTATION**.

ÉVITER, RÉDUIRE, COMPENSER LES INCIDENCES.

UN PROJET RESPECTUEUX DU CADRE DE VIE ET DU MILIEU AMBIANT.

SIX ÉOLIENNES DONT LA PRODUCTION ANNUELLE ÉQUIVAUT À LA CONSOMMATION ÉLECTRIQUE DE PRÈS DE 23 000 HABITANTS.



abies
Energies & Environnement

C.E.P.E. « Les Chesnots »
330 rue du Mourelet – ZI de Courtine
84000 – Avignon, France