



Description du projet



Selon l'article L. 122.5 du Code de l'environnement, l'étude d'impact comprend « **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.*
- »

La partie suivante décrira de ce fait le projet éolien sur la base des éléments fournis par la société VALOREM :

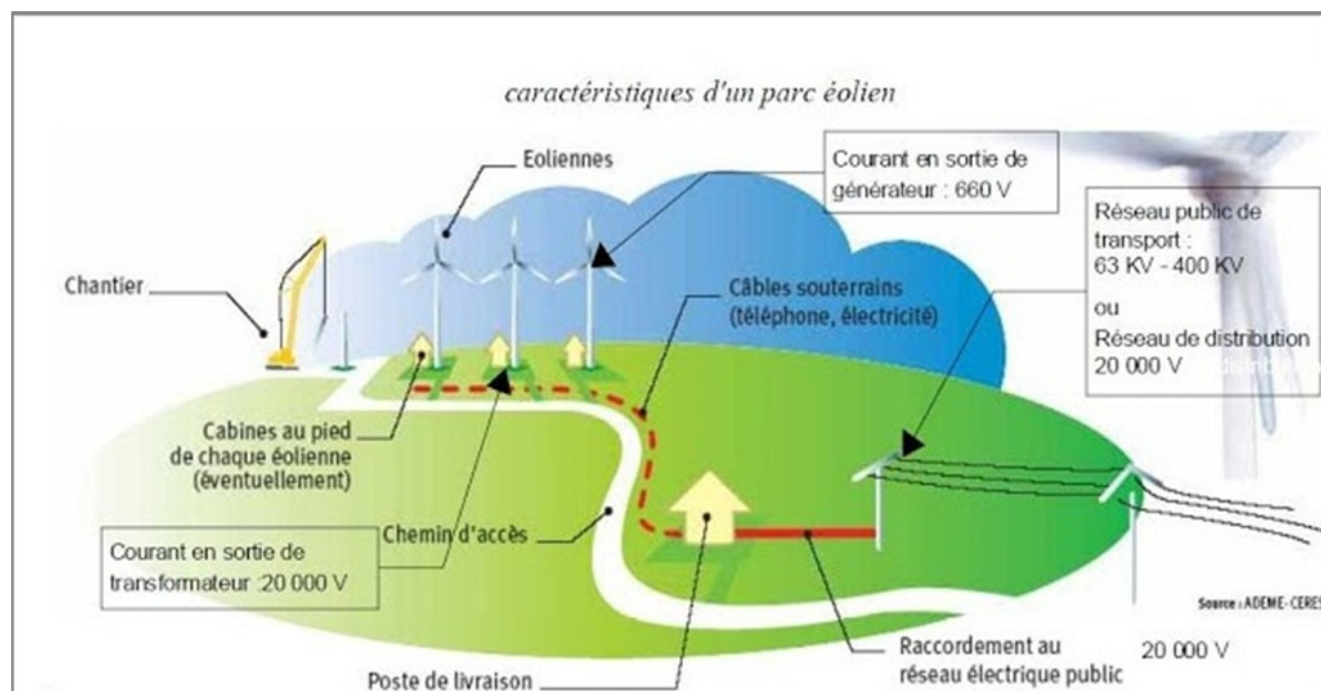
- Les caractéristiques du type d'éoliennes choisies ;
- La description de la phase de construction et de raccordement (planification des travaux, acheminement des éoliennes, génie civil et électrique ainsi que le montage des éoliennes) ;
- La description de la phase d'exploitation et de maintenance ;
- La description de la phase de démantèlement et des garanties financières.

1. PRESENTATION GENERALE DU PROJET

Un parc éolien est une installation de production d'électricité pour le réseau électrique national par l'exploitation de la force du vent. La construction d'un parc éolien, outre le montage des éoliennes, implique :

- La création et le renforcement des voies d'accès aux éoliennes ;
- L'installation d'un ou plusieurs postes de livraison ;
- La création de plateformes ;
- Un réseau inter-éolien et jusqu'au poste de livraison (réseau électrique + réseau communication) ;
- Un tracé de raccordement électrique jusqu'au domaine public.

Figure.162.: description d'un parc éolien terrestre

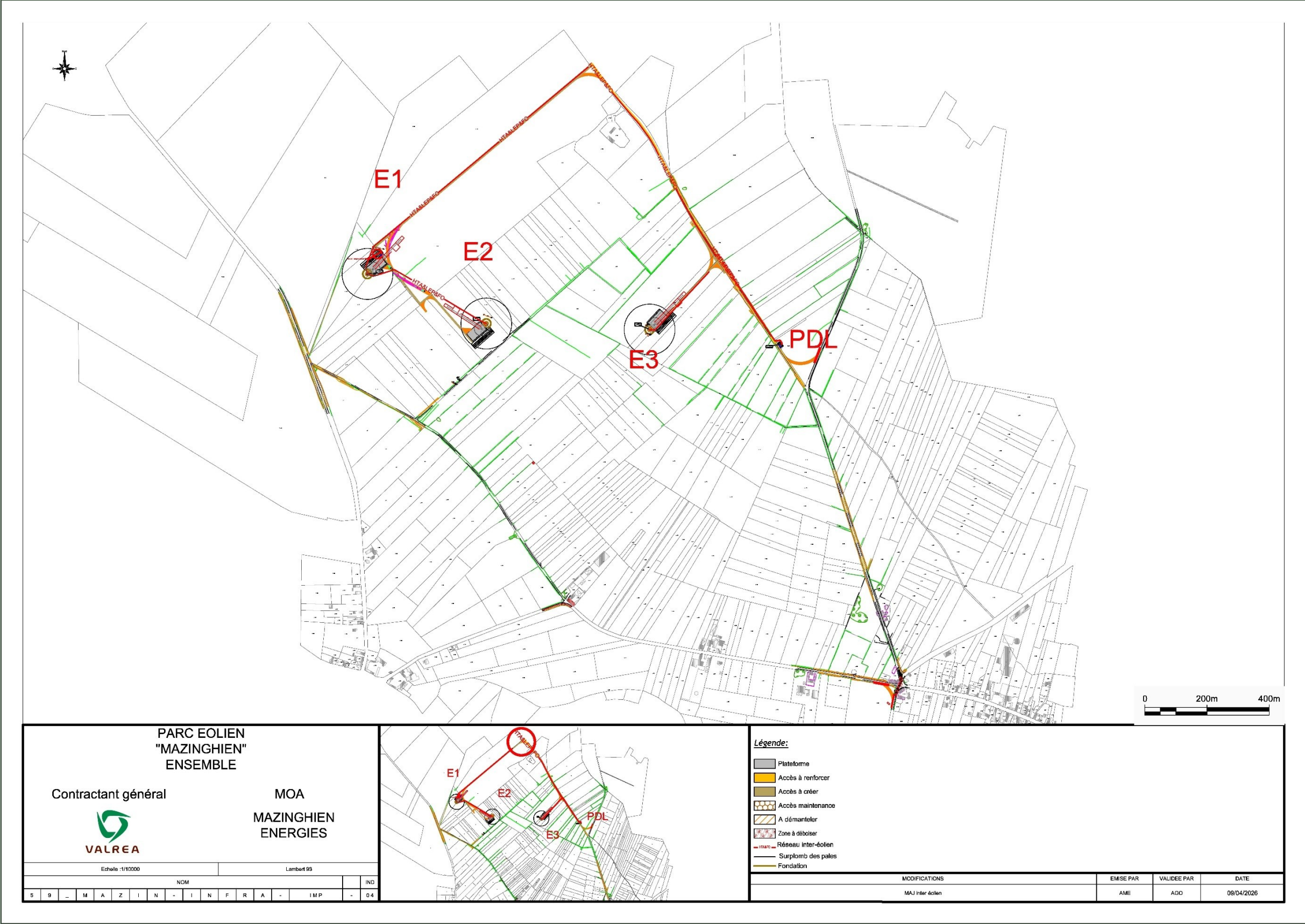


Source : ADEME

1.1. PRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DU PROJET

Le parc éolien de Mazinghien sera équipé de 3 éoliennes d'une puissance totale maximale de 18,6 MW, avec une hauteur en bout de pale de 200 mètres et un diamètre de rotor de 163 mètres. La carte en page suivante permet de localiser les éoliennes, avec leur plateforme de montage, ainsi que le poste de livraison.

Figure 163 : plan d'implantation du parc éolien à l'échelle 1/10.000ème



1.2. LE FONCTIONNEMENT OPERATIONNEL D'UNE EOLIENNE

Une éolienne permet de convertir, par un système mécanique, l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.

L'éolienne s'oriente automatiquement face au vent grâce aux informations captées par la girouette au sommet de la nacelle. Lorsque le vent est suffisamment élevé (de l'ordre de 3 m/s soit 11 km/h), il entraîne le mouvement des pales. En cas de vent trop fort (à partir de 25 m/s soit environ 90 km/h), le rotor est arrêté automatiquement par freinage aérodynamique, soutenu par un freinage mécanique si un freinage critique doit être mis en œuvre.

Le mouvement des pales est transmis à la génératrice, pièce centrale qui contient les éléments techniques qui assurent la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique. Le système électrique de chaque éolienne est prévu pour garantir une production d'énergie continue avec une tension et une fréquence constantes. Un poste de transformation, placé à l'intérieur de l'éolienne, élève la tension délivrée par la génératrice de 690 Volts à 20 000 Volts.

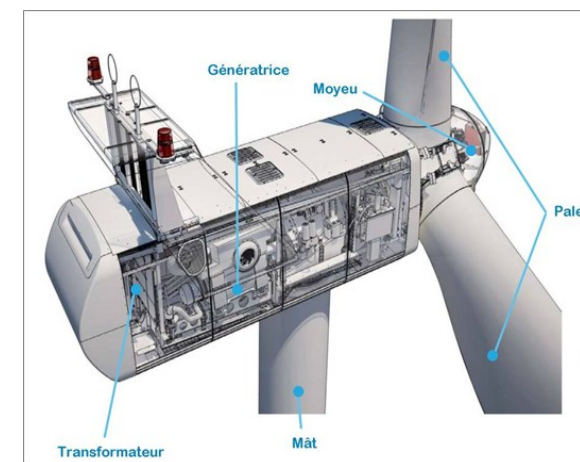
L'électricité produite est ensuite conduite jusqu'au réseau ENEDIS via les liaisons inter éoliennes puis de raccordement, toutes enterrées.

1.3. LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Encore appelée aérogénérateur, une éolienne se compose de 3 parties distinctes :

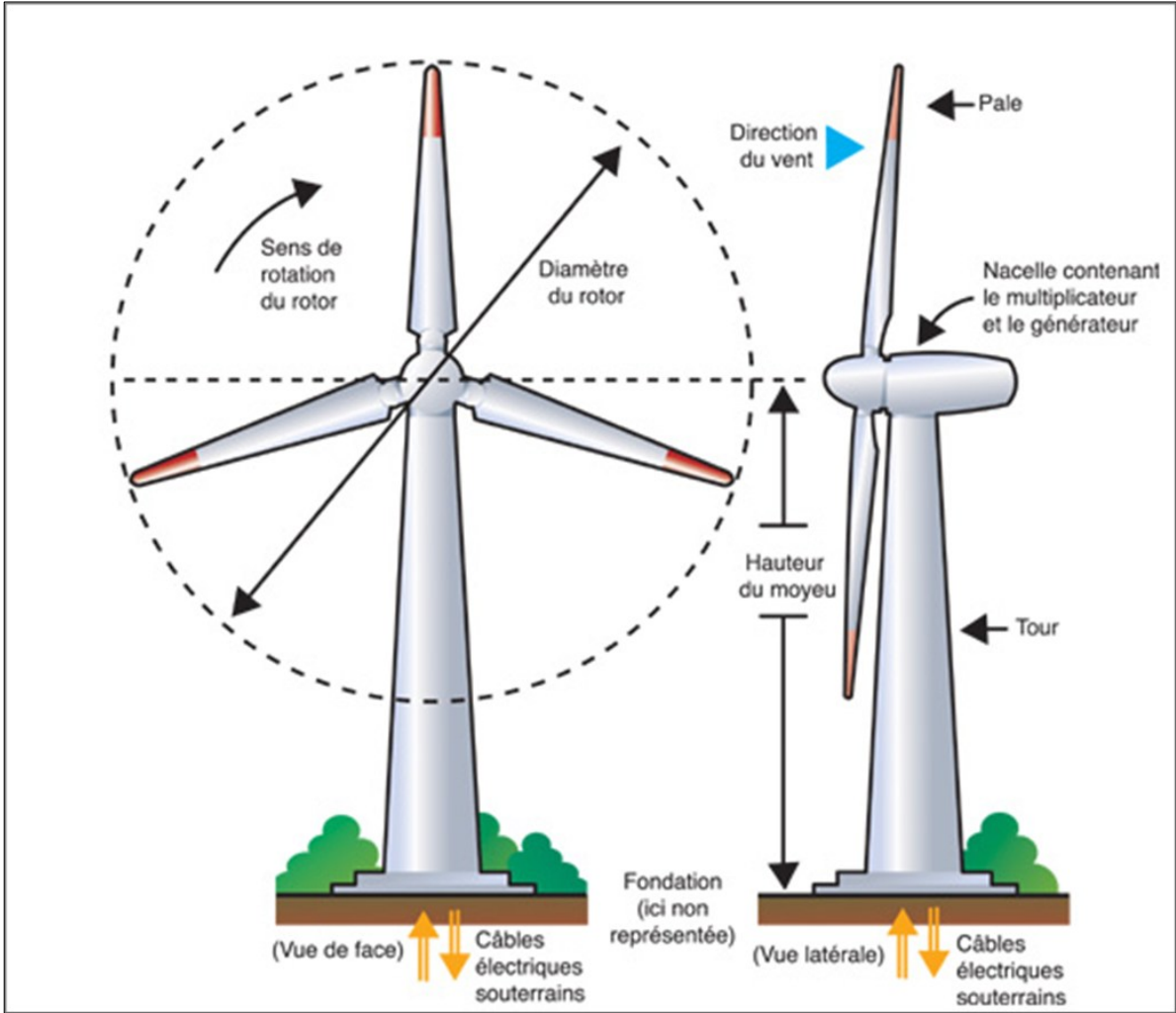
- **Le mât** : il est généralement composé de 3 à 6 tronçons tubulaires en acier ou en béton. Le mât permet le passage des câbles électriques et comporte l'électronique de puissance et le transformateur qui permet d'élever la tension de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique public. Il permet également le passage des personnes chargées de la maintenance de l'éolienne. L'accès à la nacelle se fait depuis l'intérieur du mât qui est équipé d'un système d'éclairage et des dispositifs de sécurité des personnes.
- **La nacelle** : elle abrite le générateur permettant de transformer l'énergie de rotation de l'éolienne en électricité et comprend, entre autres, le multiplicateur et le système de freinage mécanique. Le système d'orientation de la nacelle permet un fonctionnement optimal de l'éolienne en plaçant le rotor dans la direction du vent.
- **Le rotor** : il est constitué des pales, du moyeu, de l'arbre lent et d'un système automatisé de calage des pales. Les 3 pales réalisées en matériaux composites sont fixées au moyeu qui se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent relié au multiplicateur. Les pales sont orientables par un système automatisé qui règle leur angle en fonction du vent.

Figure 164 : schéma de la nacelle de l'éolienne.



La nacelle est généralement réalisée en résine renforcée de fibres de verre. Elle supporte un anémomètre, une girouette et le balisage aéronautique.

Figure 165 : schéma d'ensemble d'une éolienne



Source : tpe.eole.free.fr

La société VALOREM choisira, en fonction des données techniques du site, la machine adéquate issue des technologies les plus récentes. Les critères qui interviennent dans le choix de la machine sont entre autres la production, les émissions sonores, le diamètre du rotor, la hauteur du mât, le système électrique et le principe de régulation.

Afin de garantir le principe de mise en concurrence des fabricants d'éoliennes, aucun nom de fabricant ne sera présenté dans ce dossier. Les éoliennes seront définies par leurs dimensions principales. Pour cette raison également, lorsque plusieurs éoliennes présentent des grandeurs équivalentes, il a été choisi de retenir la grandeur maximale dans les impacts, dangers et inconvénients de l'installation pour ne pas risquer de les sous-évaluer. Pour cette raison également, lorsque plusieurs éoliennes présentent des grandeurs équivalentes, il a été choisi de retenir le gabarit maximal dans l'analyse des impacts, dangers et inconvénients de l'installation, pour ne pas risquer de les sous-évaluer. Ce gabarit est le suivant :

Tableau 44 : caractéristiques techniques du gabarit étudié

Puissance maximale (MW)	Hauteur au moyeu maximale (m)	Diamètre de rotor maximal (m)	Hauteur en bout de pale maximale (m)
6,2	125	163	200

Source : VALOREM 2025

Ce gabarit retenu permet de caractériser les paramètres d'un modèle d'éolienne (diamètre de rotor, hauteur en bout de pale, hauteur libre sous le rotor, puissance nominale de l'éolienne) qui, au vu de tous les enjeux, est le plus impactant des modèles éligibles.

Ainsi, le tableau suivant présente pour chaque paramètre, les dimensions de l'éolienne du projet et les enjeux environnementaux qui y sont directement liés.

Tableau 45 : dimensions de l'éolienne et enjeux environnementaux

Paramètre	Dimension		Environnement potentiellement impacté en termes de dangers et d'inconvénients
Hauteur max en bout de pale	Hmax =	200 m	Paysage - Danger
Diamètre max du rotor	Dmax =	163 m	Paysage - Danger – Biodiversité (avifaune et chiroptère)
Hauteur sous le rotor	Hmin =	37 m	Biodiversité (avifaune et chiroptère)
Puissance maximum de l'éolienne	Pmax =	6,2 MW	Intégration au réseau

Source : VALOREM 2025

Le bon fonctionnement des machines nécessite **une distance minimale entre les éoliennes**. En effet, si cet écartement est trop faible, le bon écoulement des flux d'air n'est plus assuré et les machines se gênent mutuellement, au détriment de leur rendement. Des écartements de trois fois le diamètre du rotor et pouvant être abaissé à 2,5 (dans le cas d'une ligne perpendiculaire aux vents dominants et) et de quatre de diamètres (pour une ligne parallèle aux vents dominants) sont donc nécessaires à la bonne productivité du parc.

Dans le cadre du présent projet éolien, l'espace entre les 3 machines sera de 414 à 938 mètres : Entre E1 et E2 l'interdistance (centre à centre des axes de machine) est de 414,65 mètres. Entre E2 et E3, l'interdistance est de 526,06 mètres. Enfin, entre E1 et E3, l'interdistance est de 938,14 mètres .Cela permet au projet de s'inscrire dans une configuration permettant un bon fonctionnement des éoliennes tout en optimisant la consommation d'espace et l'insertion paysagère du projet.

Tableau 46 : coordonnées des équipements du projet de parc éolien de Mazinghien.

	X (L93)	Y (L93)	Longitude (WGS 84)	Latitude (WGS 84)	Altitude au sol (m NGF)	Altitude sommitale (m NGF)
E1	740919.60	6996310.65	3°34'15.3426"E	50°03'49.8218"N	155.88	355.88
E2	741302.26	6996150.97	3°34'34.5040"E	50°03'44.5691"N	149.23	349.23
E3	741827.97	6996131.81	3°35'00.9010"E	50°03'43.8246"N	151.59	351.59

Source : VALOREM

La surface approximative de terrain concernée par le projet (consommation de surfaces agricoles et de voirie + surface des chemins à créer) pendant la phase d'exploitation du parc éolien sera d'environ 16 429 m², soit 0,18% de la superficie totale de la commune de Mazinghien (9,01 km²).

Tableau 47 : surfaces des emprises au sol en phase exploitation du parc éolien de Mazinghien.

Localisation	Surface d'emprise au sol (m²) en phase d'exploitation			
	Plateformes d'exploitation	Chemins d'accès créés	Aire de maintenance et emprise machine	Total phase exploitation
E1	2 374	4 448	251	7 073
E2	2 412	1 851	251	4 514
E3	2 301	1 929	251	4 481
Total Eoliennes	7 087	8 228	753	16 068
PDL	-	-	361	361
TOTAL	7 087	8 228	1 114	16 429

Source : VALOREM, 2025

L'arrêté du 22 juin 2020 impose, à l'article 10, **l'identification de chaque aérogénérateur par un numéro affiché en caractère lisible sur son mât**. Ce numéro doit être identique à celui qui est mentionné dans la déclaration prévue à l'article 2.2. de l'arrêté du 26 août 2011, dans sa version modifiée par l'arrêté du 22 juin 2020 puis par l'arrêté du 10 décembre 2021.

Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles soit au moyen de pictogrammes sur des panneaux positionnés sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur les postes de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent :

- Les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;
- L'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;
- La mise en garde face aux risques d'électrocution ;
- La mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace.

1.4. JUSTIFICATION DU CHOIX DU GABARIT

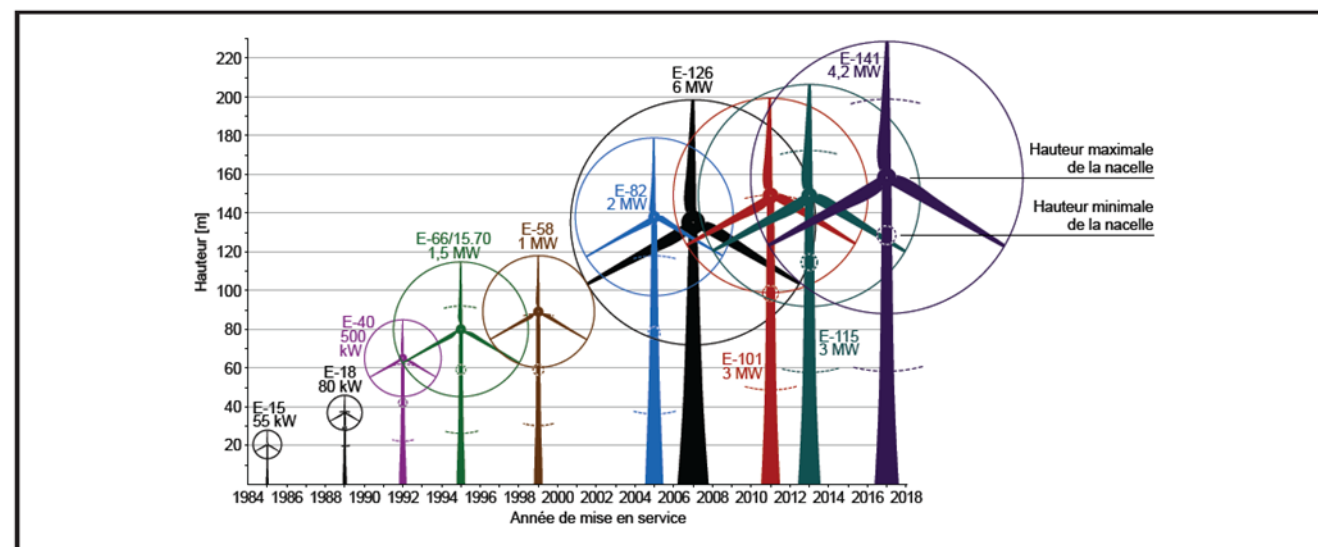
Le choix du type d'éolienne et la détermination de sa taille est un processus complexe qui dépend de nombreux facteurs, propres au site et aux études menées par le porteur de projet, mais également à l'expérience de celui-ci.

Il est d'abord lié à des considérations techniques propres au site et aux données de vent qui y ont été mesurées. En fonction de la productivité prévisionnelle du parc, le développeur sélectionnera la taille et le modèle d'éolienne les plus adaptés, sous réserve évidemment des incidences potentielles dans l'environnement (contraintes techniques, paysage, patrimoine, milieu naturel).

L'évolution des éoliennes tend à augmenter les surfaces de rotor, ainsi que la hauteur totale pour améliorer la production d'électricité. En effet, on note depuis les années 90 une augmentation continue de la taille des machines. Cela s'explique par les progrès constants enregistrés dans le domaine des matériaux et par les gains en termes de productivités qui en résultent. Une tour plus haute de 10 mètres permet d'atteindre une ressource plus puissante et plus régulière, ce qui assure une production supplémentaire d'électricité de 10%.

Ce constat constitue un argument quant au respect des objectifs nationaux de production d'électricité basé sur les énergies renouvelables. Déterminés par la Loi de transition énergétique, pour être atteints ils imposeront mécaniquement une augmentation du nombre d'éoliennes à construire, mais également de leur taille.

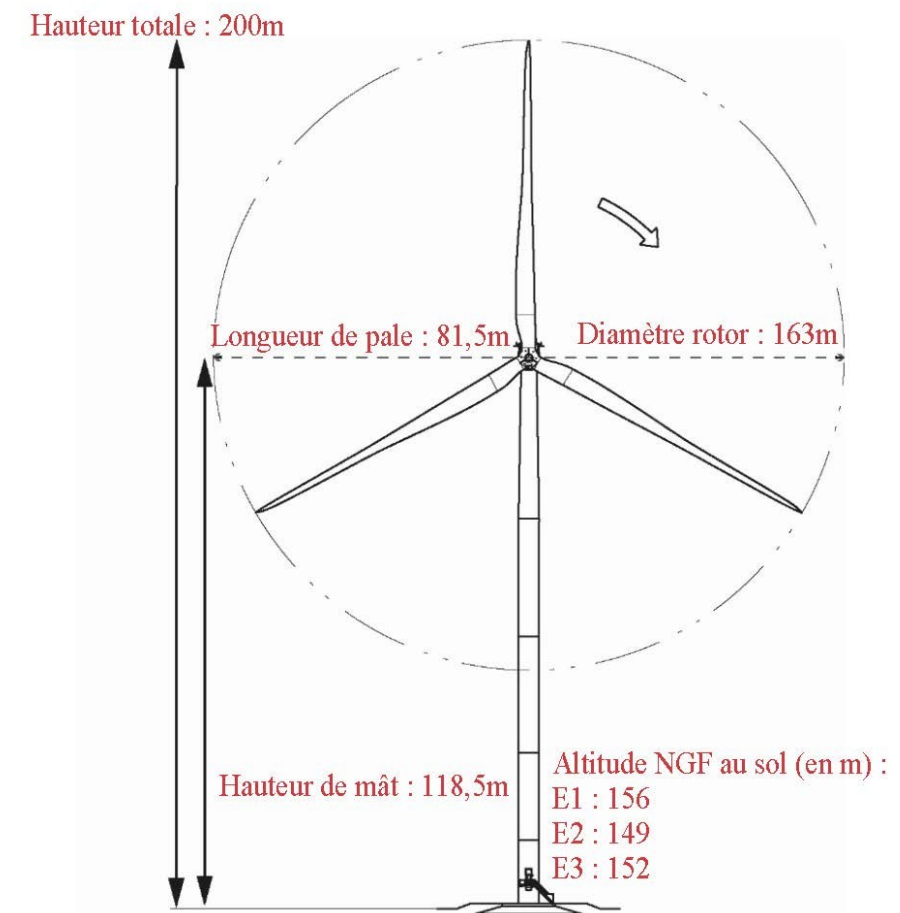
Figure 166 : exemple d'évolution de la taille des machines de la gamme Enercon.



Evolution de la taille des machines de la gamme Enercon

Source : ENERCON

Figure 167 : gabarit typique pour une éolienne du projet de Mazinghien



Source : Valorem

1.5. MAITRISE FONCIERE

Le tracé d'accès aux éoliennes E1 et E2 correspond à l'hypothèse retenue au moment du dépôt, il pourra être évolutif et des ajustements du tracé pourront avoir lieu avant la phase de réalisation du projet compte tenu des échanges fonciers en cours avec les propriétaires concernés.

Tableau 48 : tableau descriptif des parcelles concernées par le projet de parc éolien de Mazinghien

Désignation		Terrain				Emprise du projet sur la parcelle			Propriétaire		Exploitant	Date de la signature
		Commune	Code postal	Section	Parcelle	ha	a	ca (m2)	Propriétaire 1	Propriétaire 2	Société	
E1	Eolienne	Mazinghien	59360	A	121-122-123	00	28	07	GFA DE L'ARROUAISE (HENNEQUART Jean)		NICAISE Cyril	11/08/2023
	Chemin	Mazinghien	59360	A	95	00	54	59	HECQUET Maurice	HECQUET Georges	AMAS Karine	02/09/2025
	Chemin	Mazinghien	59360	A	121-122-123	00	01	72	GFA DE L'ARROUAISE (HENNEQUART Jean)		NICAISE Cyril	11/08/2023
E2	Eolienne	Mazinghien	59360	A	108-109-110-111	00	28	07	VILLETTE Didier		GAEC LES MOULINS (PAMART Matthieu)	29/11/2023
	Chemin	Mazinghien	59360	A	111	00	09	07	VILLETTE Didier		GAEC LES MOULINS (PAMART Matthieu)	29/11/2023
E3	Eolienne	Mazinghien	59360	A	78	00	07	13	SOUFFLET Sébastien	SOUFFLET Marie-José	SOUFFLET Sébastien	13/09/2023
	Eolienne	Mazinghien	59360	A	624	00	19	16	PAMART Gilles	PAMART Florence	GAEC LES MOULINS (PAMART Matthieu)	13/02/2024
	Eolienne	Mazinghien	59360	A	625	00	03	80	ROISIN Hubert		GAEC LES MESANGES (ROISIN Hubert et BLAS Isabelle)	05/04/2023
	Chemin	Mazinghien	59360	A	76-625	00	12	57	ROISIN Hubert		GAEC LES MESANGES (ROISIN Hubert et BLAS Isabelle)	05/04/2023
	Chemin	Mazinghien	59360	A	83	00	00	68	HECQUET Maurice	HECQUET Georges	AMAS Karine	02/09/2025
	Chemin	Mazinghien	59360	A	78	00	04	47	SOUFFLET Sébastien	SOUFFLET Marie-José	SOUFFLET Sébastien	13/09/2023
	Chemin	Mazinghien	59360	A	624	00	00	90	PAMART Gilles	PAMART Florence	GAEC LES MOULINS (PAMART Matthieu)	13/02/2024
PDL	PDL	Mazinghien	59360	ZA	21	00	03	61	NICAISE Véronique		GAEC LES MESANGES (ROISIN Hubert et BLAS Isabelle)	28/06/2024

1.6. PLANS DE MASSE DES EOLIENNES

Figure 168 : plan de masse de l'éolienne E1 (à l'échelle 1/1000ème).

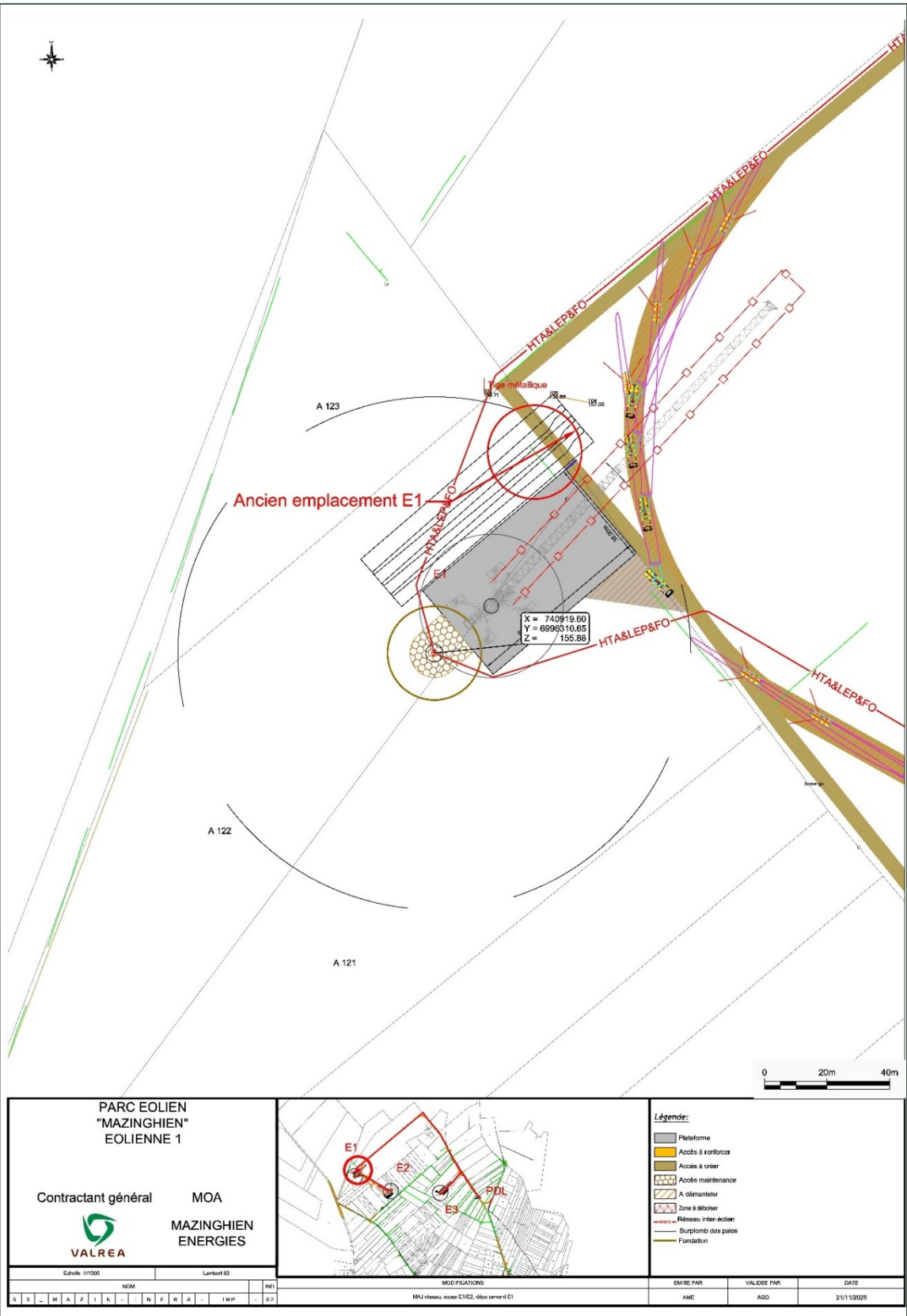


Figure 169 : plan de masse de l'éolienne E2 (à l'échelle 1/1000ème).

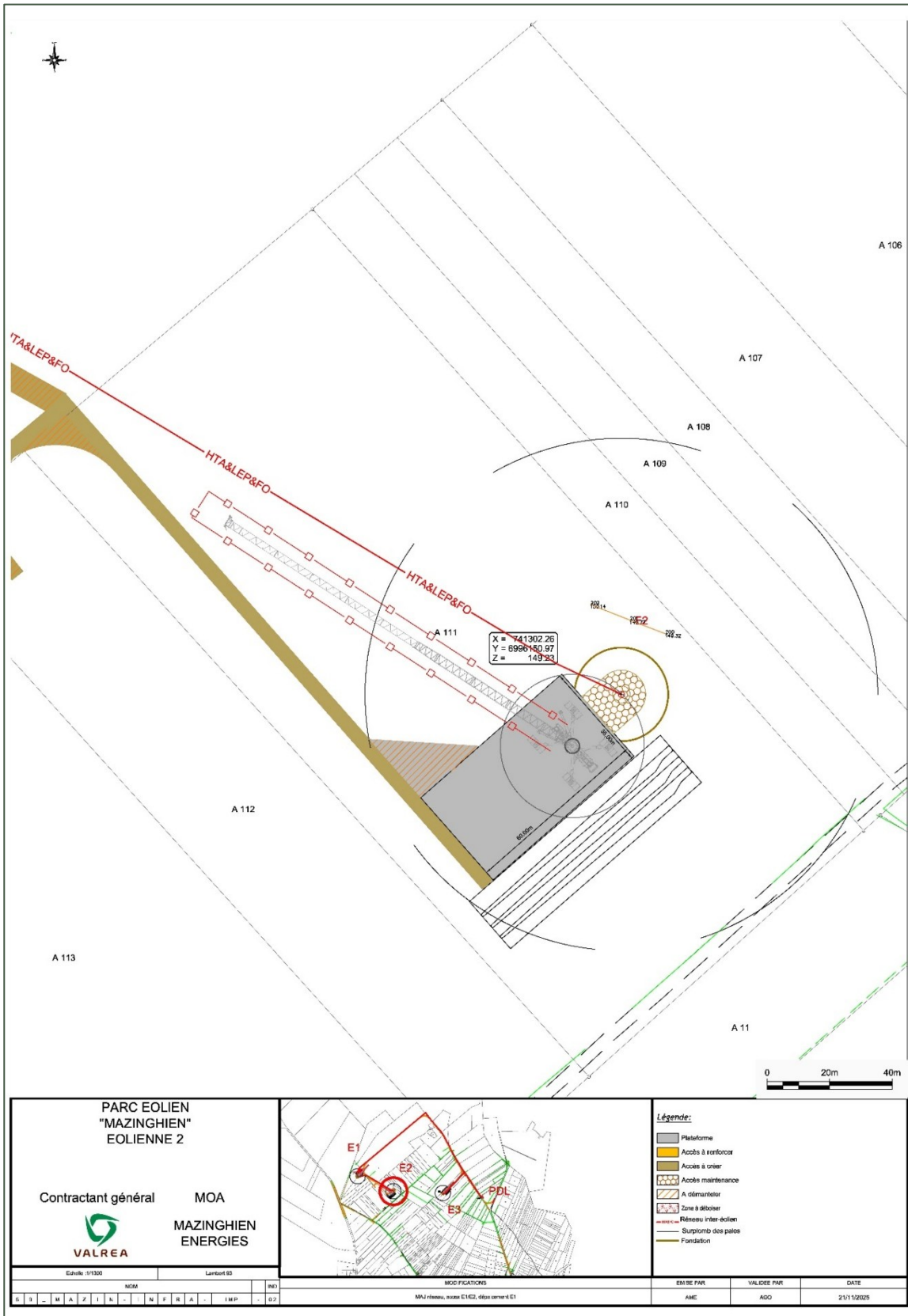
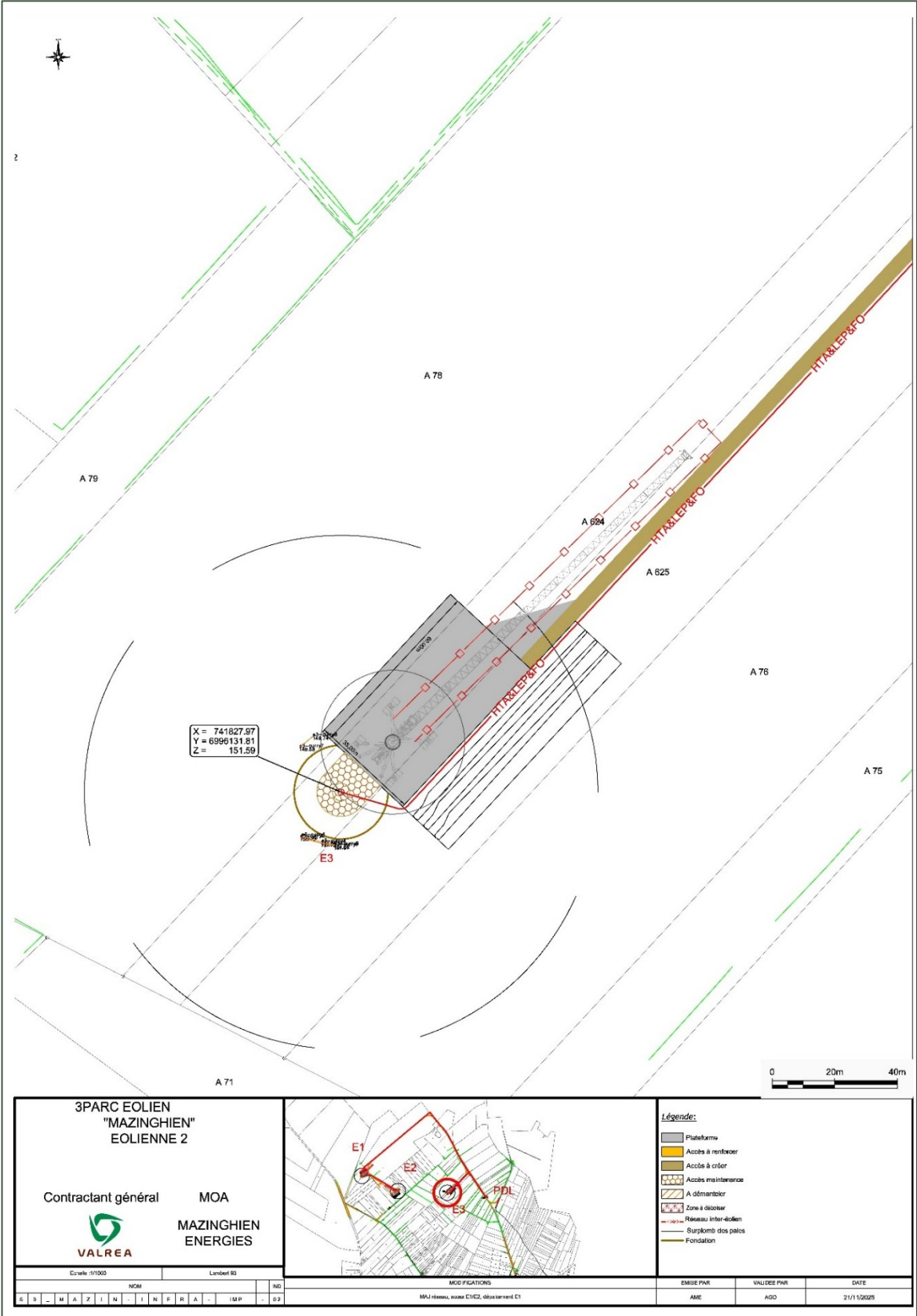


Figure 170 : plan de masse de l'éolienne E3 (à l'échelle 1/1000^{ème})



2. LA PHASE DE CONSTRUCTION

La maîtrise d’ouvrage sera assurée par la société MAZINGHIEN ENERGIES en partenariat avec des entreprises spécialisées, locales dans la mesure du possible, ou nationales en fonction de leurs compétences. La maîtrise d’œuvre sera quant à elle assurée par la société VALOREM, actionnaire à 90% de MAZINGHIEN ENERGIES.

La société VALOREM est structurée en mode projet avec différentes équipes spécialisées dans l’ingénierie, la construction et le suivi de chantiers, les achats, la gestion des contrats et dispose d’une très grande expérience dans ces domaines. La société possède tous les cahiers des charges nécessaires de spécifications de matériels et d’installations afin de garantir une qualité de réalisation des projets.

2.1. PERIODE ET DUREE DU CHANTIER

La construction du parc éolien sera étalée sur une période d’environ 6 mois (si l’ensemble de ses phases est réalisé successivement) et comprendra les phases suivantes (estimation) :

Tableau 49 : planning prévisionnel du chantier

PHASE		MOIS					
		1	2	3	4	5	6
1	Construction du réseau électrique inter-éolien						
2	Aménagement des pistes d’accès et des plates-formes						
3	Réalisation des excavations						
4	Réalisation des fondations						
5	Attente durcissement béton						
6	Installation du poste de livraison						
7	Raccordement inter-éolien						
8	Assemblage et montage des éoliennes						
9	Test et mise en service						

Le chantier sera conforme aux dispositions réglementaires applicables notamment en matière d’hygiène et de sécurité. Il sera placé sous la responsabilité d’un chef de chantier et d’un coordonnateur SPS. Le pétitionnaire choisira des entreprises habilitées à réaliser ce genre d’aménagement. Ce seront majoritairement des entreprises locales.

Chacune devra présenter des compétences propres à son corps de métier. Les installations nécessaires à la réalisation du chantier (ateliers, locaux sociaux, sanitaires,) seront conformes à la législation du travail en vigueur.

Les moyens techniques utilisés en fonction de la phase chantier sont les suivants :

Tableau 50 : description des moyens techniques utilisés pour chaque étape du chantier

Phase du chantier	Moyens techniques
Création des voies d’accès et des aires stabilisées de montage et de maintenance	Camions bennes pour l’apport de cailloux Niveleuse Pelleteuse Compacteur Bouteurs sur chenille
Acheminement de l’acier pour le ferrailage des fondations	3 à 5 camions par éolienne
Coulage des fondations	60 à 100 toupies de bétons par éolienne
Réseaux électriques inter-éolien et communications	Trancheuse et camions pour la livraison des câbles NB : Nous utilisons des câbles EDR donc du sable est utilisé uniquement au niveau des BJ et non dans le fond de toutes les tranchées.
Poste de livraison	1 camion pour la livraison 1 grue
Livraison des Eoliennes	Environ 20 convois exceptionnels par Eolienne
Montage	1 grue principale 1 grue auxiliaire

Considérant que le respect et la gestion de l’environnement génèrent de la valeur et constituent le devoir de toute entreprise socialement responsable, le groupe VALOREM applique une politique environnementale rigoureuse, s’engageant à mettre en œuvre, dans tous ses secteurs d’activités et à chacun de leurs niveaux, des principes de respect et de gestion de l’environnement. Cela passe notamment par la gestion des risques environnementaux dans le but d’éliminer ou de minimiser les impacts négatifs des activités de la société ou encore la gestion de l’impact des activités sur la biodiversité et la recherche d’un équilibre positif dans ce domaine.

Ces principes s’imposent bien évidemment au chantier de construction et à tous les intervenants et sous-traitants qui doivent posséder les compétences requises dans le domaine de l’environnement.

Chaque étape des travaux s'appliquera à respecter un ensemble de règles de bonnes conduites environnementales qui concernent en particulier la prévention de risques de pollution accidentelle, l'utilisation de l'espace (emprises respectées par l'évolution des engins de chantier), le bruit et la poussière, la circulation sur la voirie et la remise en état des accès.

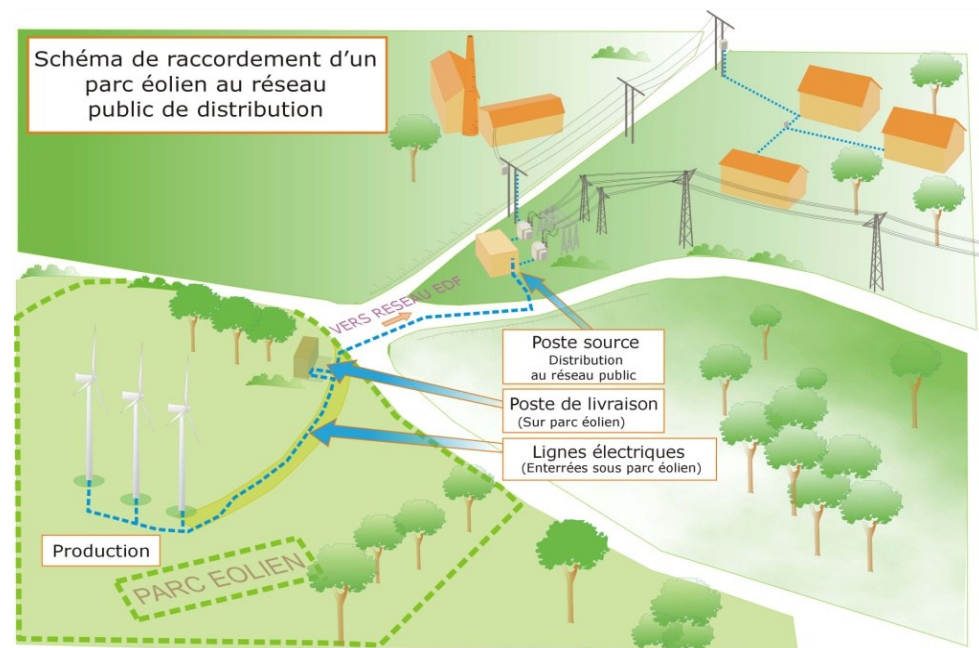
2.1.1. Phase 1 : construction du réseau électrique inter-éolien

La génératrice délivre l'énergie électrique en basse tension, généralement 690V. Un transformateur élévateur dans l'éolienne relève la tension à celle du réseau de distribution en HTA, 20kV dans le cadre de ce projet. Un tableau électrique HTA situé en pied de mât d'éolienne permet de distribuer le courant sur le réseau privé inter-éolien (réseau enterré). Ce réseau connecte les éoliennes entre elles jusqu'au poste de livraison. Il peut être constitué d'un ou plusieurs circuits selon les projets.

Le poste de livraison a pour fonction de collecter l'énergie électrique de chaque circuit HTA et sert d'interface entre le réseau public de distribution HTA et le réseau HTA privé. L'énergie produite par le parc éolien est ensuite évacuée sur le réseau public de distribution par un départ dédié (antenne) jusqu'à un poste source. Conformément à la politique nationale d'enfouissement de réseau, le réseau nouvellement créé est enterré, et se fait au moyen de câbles HTA normalisés. Dans le cas du projet de Mazinghien, un Poste de Livraison sera nécessaire pour l'ensemble des éoliennes.

Des réseaux de télécommunication (téléphonique commuté, numérique, fibre optique) sont également nécessaires pour l'exploitation et la télésurveillance du parc éolien. Ces réseaux seront mis en œuvre en même temps que le réseau privé inter-éolien et ne nécessite pas de travaux supplémentaires.

Figure 171 : schéma de la structure de raccordement au réseau public de distribution



Source : ADEME

Le réseau électrique privé (ou réseau interne) permet de raccorder les éoliennes entre elles jusqu'aux postes de livraison. Conformément à la politique nationale d'enfouissement des réseaux et le souhait de minimiser les impacts visuels et paysagers, le réseau inter éolien privé est enfoui. Pour des raisons technico-économiques, la tension de ce dernier est identique à celle du réseau de distribution HTA (généralement 20kV), ce qui permet de limiter les pertes électriques en ligne.

Cette phase, appelée aussi « tirage de câble », peut être réalisée à différentes étapes du chantier selon les spécificités du site.

Généralement, les travaux d'aménagement commenceront par la construction du réseau électrique spécifique au parc éolien. Les tranchées seront réalisées entre les éoliennes jusqu'au poste de livraison. Pour la réalisation des tranchées, le maître d'ouvrage et les entreprises ont le choix entre 3 technologies :

- La méthode traditionnelle, dite à pelle mécanique ;
- La méthode utilisant le soc tracté ;
- La méthode utilisant la trancheuse.

Figure 172 : pose d'un câble HTA à 1.20 m avec la méthode du soc tracté



Source : VALOREM

Figure 173 : Tranchée pour le passage de réseau électrique HTA à partir d'une trancheuse.



Source : VALOREM

La durée de cette phase sera d'environ un mois. Ces câbles seront reliés aux éoliennes et aux postes lors de la phase 7.

La longueur totale du réseau interne sera d'environ 3,7 km.

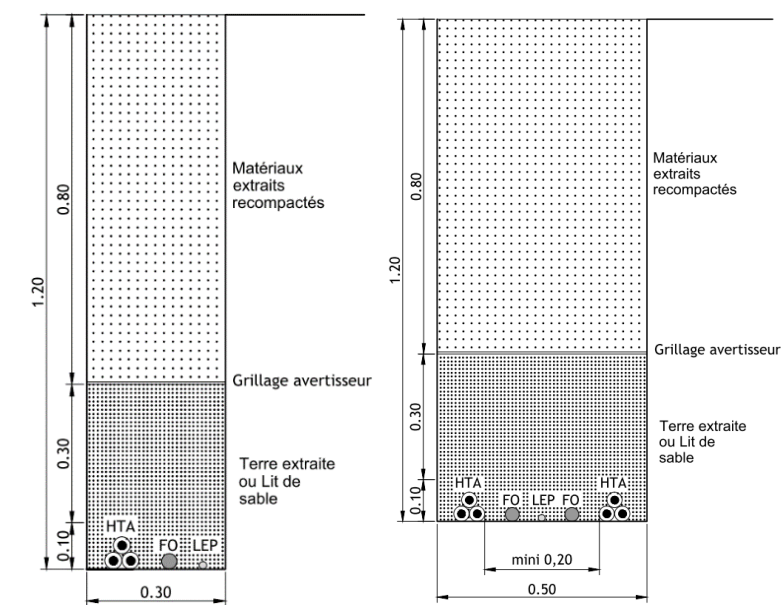
L'étude du tracé prend en compte les différentes contraintes foncières, écologiques, techniques, et topographiques. Pour les voies communales, la municipalité a notifié son accord concernant le passage des câbles. Pour tous les terrains privés concernés par l'implantation des éoliennes ou les accès en phase chantier et/ou exploitation, des promesses de bail ont été signées avec les propriétaires et les exploitants. Ces promesses prévoient explicitement la présence de câbles électriques.

Ainsi, les différentes contraintes ont permis de définir un réseau inter-éolien privé constitué de deux circuits. La maîtrise d'ouvrage restera à disposition pour étudier des solutions permettant de limiter l'impact du tracé.

Le réseau est constitué de câbles HTA de type C33-226 (identiques à ceux utilisés par les gestionnaires de réseaux publics), d'une liaison équipotentielle en cuivre nu et d'une fibre optique. Les caractéristiques de la tranchée sont généralement une largeur d'environ 30 à 50 cm et une profondeur de 100 à 120 cm. La coupe de tranchée peut légèrement différer selon le mode de pose choisi, le lieu d'enfouissement (sous chaussée ou champs) et le nombre de circuits présents dans la tranchée.

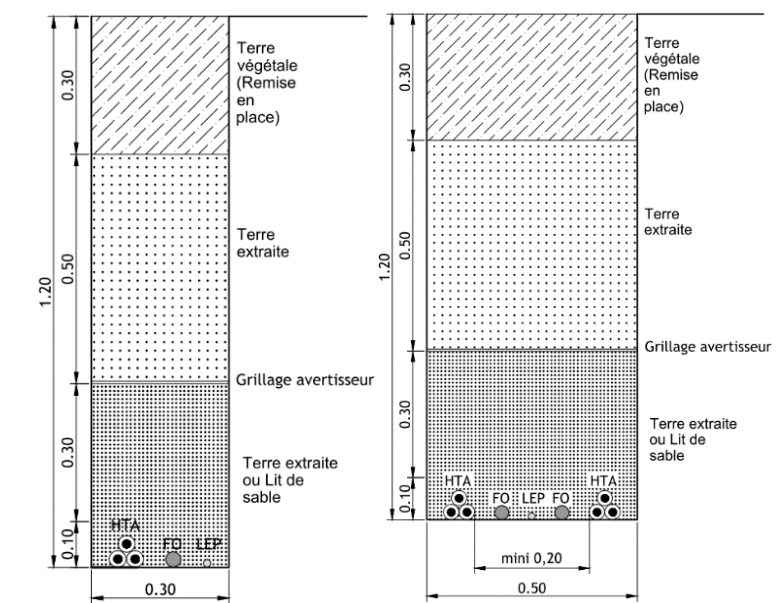
La conception et la pose du réseau HTA privé seront conforme à l'arrêté du 17 mai 2001. Aussi, le maître d'ouvrage MAZINGHIEN ENERGIES se conformera à l'article R-323-40 du Code de l'énergie (Modifié par Décret n°2018-1160 du 17 décembre 2018 - art. 4), imposant un contrôle de conformité externe par une tierce partie indépendante afin de conserver une sécurité des tiers adéquate. L'arrêté du 25 Février 2019 précise les modalités de contrôle des canalisations électriques cheminant sur le domaine public.

Figure 174 : exemple de coupe de tranchées sous chemin avec un circuit à gauche ou 2 circuits à droite.



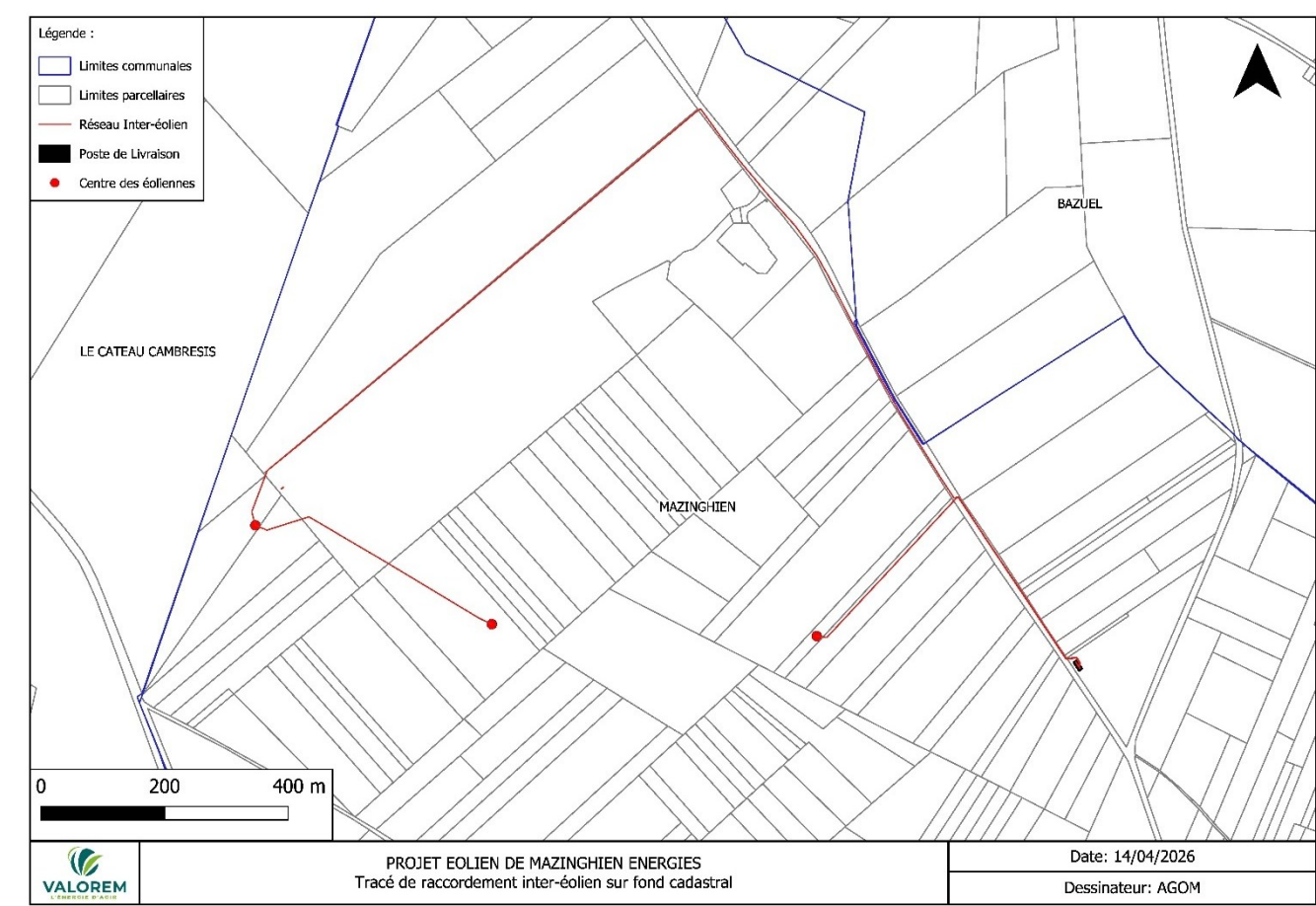
Source : VALOREM

Figure 175 : exemple de coupes de tranchées en plein champs avec un circuit à gauche et 2 circuits à droite.



Source : VALOREM

Figure 176 : plan du réseau inter-éolien privé



Les câbles respecteront les normes techniques applicables dans le domaine des installations HTA, notamment les normes :

- NFC13-200 : installation électrique à haute tension – règles complémentaires pour les sites de production et les installations industrielles, tertiaires et agricoles ;
- NFC13-205 : installations électriques à haute tension guide pratique – détermination des sections de conducteurs et choix des dispositifs de protection.

De plus, le maitre d’ouvrage s’engage à :

- Appliquer les prescriptions de l’arrêté ministériel du 17/05/2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d’énergie électrique ;
- Diligenter un contrôle technique des travaux en application de l’article R.323-30 du Code de l’énergie ;
- Transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d’électricité, les informations permettant à ce dernier d’enregistrer la présence des lignes privées dans son SIG des ouvrages ;

- Procéder aux déclarations préalables aux travaux de construction de l’ouvrage concerné, et enregistrer ce dernier sur « guichet unique www.reseau-et-canalisation.gouv.fr » en application des dispositions des articles L.554-4 et R.554-1 et suivants du Code de l’Environnement qui sont relatives entre autres à la sécurité des réseaux souterrains.

Tableau 51 : renseignements sur la distribution électrique

Tronçon	Longueur (m) du tronçon	Commune	Domaines privés empruntés (section et numéros)
PDL – E1	2 300	Mazinghien	ZA21-A95-A123-A122
E1-E2	600	Mazinghien	A122-A121-A95-A111
E3-PDL	800	Mazinghien	A624-A625-ZA21

Les installations seront exécutées conformément aux dispositions de la loi du 15 juin 1906 et selon les règles de l’art et répondront aux prescriptions du dernier arrêté Interministériel connu déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les lignes d’énergie électrique (Arrêté du 17 mai 2001 modifié par l’arrêté du 26 avril 2002 et celui du 10 mai 2006).

Les tranchées seront remblayées à court terme afin d’éviter les phénomènes de drains, de ressuyage ou d’érosion des sols par la pluie et le ruissellement.

2.1.2. Phase 2 : construction des pistes et des plateformes

Les travaux suivants permettront la réalisation des pistes d’accès aux éoliennes. La durée de cette phase sera de 1,5 mois environ. Les pistes seront stabilisées de manière à supporter le passage des engins pour la construction (charge de 12 tonnes par essieu). Elles auront une largeur de 4,5 m et seront réalisées en matériaux stables (tout venant) ou traitement de sol en place (à la chaux, etc....).

Les pistes d’accès emprunteront de manière préférentielle les chemins d’exploitation agricoles existants. Les engins utilisés seront ceux des chantiers classiques à savoir : pelles mécaniques, dumpers, bulldozers.

Les pistes seront aménagées de la manière suivante :

- Décapage de la terre végétale superficielle (cette terre sera mise de côté afin d'être remise à disposition de l'exploitation agricole) ;
- Déblaiement et remblaiement de plusieurs couches successives ;
- Compactage des matériaux ou traitement du sol en place.

Ces chemins d'accès seront définis avec les propriétaires et les exploitants des parcelles et intégreront les contraintes liées à l'exploitation agricole (le sens des sillons de labours, la présence éventuelle de système de drainage...), à l'exploitation du parc (la pente et la sécurité des personnes...) et dans le cas où des cultures seraient détruites lors de la réalisation (ou de l'élargissement) des chemins d'accès aux plateformes.

Aucune boucle n'est envisagée pour la gestion de la circulation des engins de chantier.

Pendant la phase de chantier, il sera notamment tenu compte du calendrier provisoire des agriculteurs (semences et récolte). Un dédommagement sur la base des tarifs de la chambre de l'agriculture sera formalisé dans les contrats avec les exploitants si ces derniers ne peuvent cultiver leurs parcelles pendant la durée des travaux.

Pour chaque éolienne, une plateforme d'environ 2 300 m² (cette valeur peut varier quelque peu au cas par cas) sera aménagée pour permettre le montage de la machine au moyen d'une grue adaptée. Cette aire sera aménagée de la même manière que les pistes d'accès et sera maintenue durant la période d'exploitation pour un meilleur accès lors de la maintenance et l'entretien des ouvrages. Après démantèlement des éoliennes, la plateforme sera supprimée avec enlèvement des matériaux compactés et remise en place d'une couche de terre végétale afin de permettre une remise en culture des terrains.

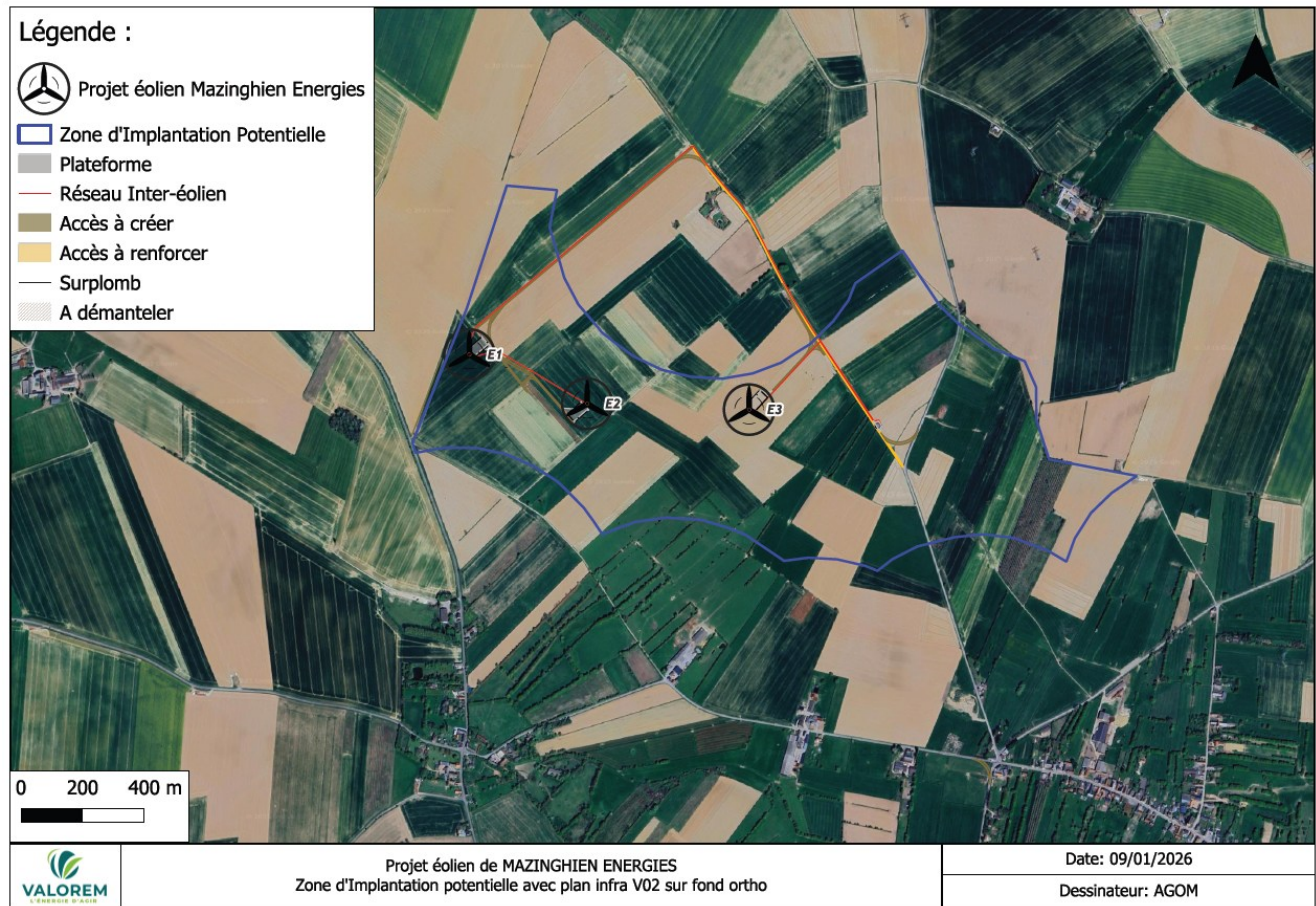
Les engins de chantier et les camions transportant les éléments constitutifs des éoliennes accèderont au site par les routes les plus adaptées et nécessitant le moins d'aménagements possibles. Des demandes de permission de voirie seront effectuées. Ensuite, pour accéder aux emplacements des éoliennes, ils utiliseront le réseau de chemins ruraux existant. Ces derniers seront réaménagés au besoin pour permettre la circulation des véhicules. Selon la position des éoliennes dans les parcelles et la configuration des plateformes, des pistes d'accès plus ou moins longues relieront ces dernières aux chemins ruraux. Environ 1 250 ml de chemins sont à renforcer et 1 830 ml de pistes sont à créer pour l'ensemble du parc.

Des virages provisoires seront également aménagés :

- Virage 1 : 580 m² ;
- Virage 2, pan coupé E2 et 2 aires de retournement : 2 230 m² ;
- Virage 3 : 609 m² ;
- Virage 4 : 569 m² ;
- Virage 5 : 912 m² .

L'accès aux éoliennes se fera suivant l'architecture suivante : depuis la Grande Rue de Mazinghien, direction D86 au nord, en empruntant le chemin communal qui fait l'objet d'une promesse de Convention de Servitudes, on arrive au PDL en bordure de parcelle, puis à l'éolienne E3 (création de chemin dédié pour respecter la zone propice au développement de l'éolien par la charte actuelle du PNRA), puis à l'éolienne E1 (création de chemin dédié d'environ 1km suite à un refus de négociation du foncier agricole depuis le chemin au sud des éoliennes), dont le chemin d'accès desservira l'éolienne E2.

Figure 177 : chemins créés et renforcés pour l'accès aux éoliennes.



2.1.3. Phase 3 et 4 : réalisation des excavations et des fondations

Les fondations transmettent le poids mort de l'éolienne et les charges supplémentaires créées par le vent, dans le sol.

Dès lors que l'autorisation environnementale sera obtenue, la société VALOREM lancera une étude géotechnique afin de réaliser des sondages pour définir pour chaque éolienne la nature et la portance du sol. Cela permettra de déterminer précisément le type de fondations adapté (forme, épaisseur).

Les fondations sont en effet de différents types en fonction de la nature des sols : ce sont soit des fondations dites « massif-poids » (étalées mais peu profondes) soit des fondations dites « pieux » (peu étendues mais profondes). Etant donné la nature du sol et du sous-sol géologique sur le site, les fondations utilisées seront probablement de type « massif poids » en béton armé. Ces fondations sont constituées d'un socle (partie supérieure de l'ouvrage) et de la semelle (partie inférieure de l'ouvrage) circulaire ou octogonale en béton, dans laquelle est coulée une virole en acier. Elles seront conçues pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2 (qui définit les principes généraux de calcul des structures en béton).

Les charges sont transmises à la fondation par le biais d'une couronne métallique ancrée dans le socle, puis par des cheminements vers le sol au travers de la semelle.

Les dimensions de la fondation varient selon le type d'éolienne et la nature du sol, pour lesquelles on retrouve généralement les caractéristiques suivantes :

- Un diamètre de fondation compris entre 18 et 25 mètres ;
- Lorsque le sol est meuble, un décaissement est réalisé à l'emplacement de chaque éolienne. Cette opération consiste à extraire un volume de sol d'environ 1200 mètres cubes pour chaque aérogénérateur afin d'installer les fondations. Des armatures en acier sont positionnées dans les décaissements et du béton y est coulé. Le déblaiement pour la réalisation des fondations générera un surplus de matériaux qui pourront être utilisés comme remblai pour les voiries. Néanmoins si ces remblais ne sont pas utilisés sur le site, ils seront transférés en centre spécialisé.
- Un volume de béton d'environ 500 m³ ;
- Une masse d'acier de 40 à 60 tonnes pour l'armature ;
- Une masse totale pour la fondation comprise entre 800 à 900 tonnes ;
- Un volume d'excavation de l'ordre de 600 m³.

Une fois les fondations achevées, un délai d'un mois, correspondant au séchage, est nécessaire avant la poursuite des travaux et le montage des éléments des éoliennes.

Une certification du type de fondation pour chaque type d'éolienne sera nécessaire avant la mise sur le marché du modèle. De plus, la conformité des fondations sera certifiée par des bureaux de contrôle et de certification français conformément à la législation en vigueur.

Pour garantir la sécurité sur le terrain, des barrières de sécurité seront positionnées autour de chaque excavation, ainsi que des panneaux interdisant le chantier au public et précisant l'obligation de porter un casque.

Pour chaque éolienne, à la suite de sondages géotechniques, les fondations seront dimensionnées pour supporter les charges fournies par le turbinier. Les excavations types ont les dimensions suivantes (néanmoins, selon les caractéristiques du sous-sol, elles peuvent être différentes) : profondeur de l'excavation d'environ 3 mètres et superficie de l'excavation d'environ 625 m².

Les fondations seront constituées d'un massif bétonné d'environ 750 m³ (béton coulé avec une cage d'ancrage qui servira d'ancrage au mât de l'éolienne). La qualité des fondations et leur dimensionnement seront vérifiés par un bureau de contrôle tout au long de sa réalisation. Les photos suivantes montrent, pour exemple, les différentes étapes de la réalisation d'une fondation.

Figure.178 : illustration des différentes étapes pour la réalisation d'une fondation.



Source : VALOREM

La réalisation des excavations durera environ un mois et il faut compter 1,5 mois pour la création des fondations. Les engins utilisés seront ceux des chantiers de constructions de bâtiments ou d'ouvrages d'art (pelle mécanique, dumper, bulldozer, toupie).

A l'issue de la phase de construction, les fondations seront recouvertes avec la terre préalablement excavée. La végétation rase pourra ainsi de nouveau se développer.

2.1.4. Phase 5 : durcissement du béton

L'attente pour le durcissement du béton des fondations est d'environ un mois.

2.1.5. Phase 6 : installation du poste de livraison

Le poste de livraison est l'élément d'interface entre la centrale éolienne et le Réseau de Distribution Electrique géré par ENEDIS. Il est l'endroit où l'électricité produite par les éoliennes subit les contrôles obligatoires avant d'être envoyée sur le réseau d'ENEDIS.

Un certain nombre d'équipements de protection, de sécurité, de contrôle et de comptage y sont installés : la cellule de protection générale du parc vérifie tout d'abord que l'électricité entrante répond à des critères précis de qualité, portant sur son intensité, sa tension et sa fréquence. Parallèlement, le qualimètre enregistre d'autres critères de qualité, tels que les harmoniques.

Dans la cellule suivante, la quantité d'électricité produite par le parc est rigoureusement décomptée. En effet, le fonctionnement des éoliennes et du poste de livraison nécessite du courant : lorsque les éoliennes tournent, le parc éolien puise dans sa production l'énergie dont il a besoin, mais lorsque les éoliennes sont arrêtées, le parc éolien, dont les machines restent sous tension, consomme de l'électricité du réseau d'ENEDIS. Toutefois, la quantité d'électricité consommée par le parc éolien est négligeable par rapport à sa production.

Enfin, après le comptage, l'électricité produite repart sur le réseau ENEDIS. Grâce à un boîtier de télégestion, le centre de contrôle du poste source d'ENEDIS vérifie en permanence les informations enregistrées par les différentes cellules du poste de livraison. Si les seuils de tolérance sont dépassés, le parc éolien est automatiquement « débranché » du réseau ENEDIS.

Le poste de livraison sera composé de (liste non exhaustive) :

- Une interface avec ENEDIS type C13-100 (comptage, protection...);
- Un filtre TCFM si requis par le gestionnaire de réseau ;
- Un transformateur HTA/BT alimentant les auxiliaires du PDL de puissance 50 à 100kVA ;
- Un ou plusieurs départs éoliens selon la typologie du projet ;

- Un système de contrôle commande des éoliennes et du poste de livraison.

Le poste de livraison sera un équipements préfabriqué et pré équipé qui sera amené sur place et installé sur un massif de béton.

L'emplacement choisi pour le poste de livraison sera à proximité du réseau public afin de faciliter le raccordement au poste source par le gestionnaire de réseau.

Le poste sera implanté à l'est de l'éolienne E3, le long du chemin agricole, sur la commune de Mazinghien. Son architecture restera simple et naturelle, pour dimensions maximales environ 12 m de long et 3 m de large et avec un revêtement de couleur vert foncé afin de favoriser son insertion paysagère. La finition de l'ensemble sera soignée, notamment les abords du poste (accès, sol). Le revêtement utilisé pour l'accès sera un granulat.

Figure 179 : photo de référence d'un poste de livraison vert foncé

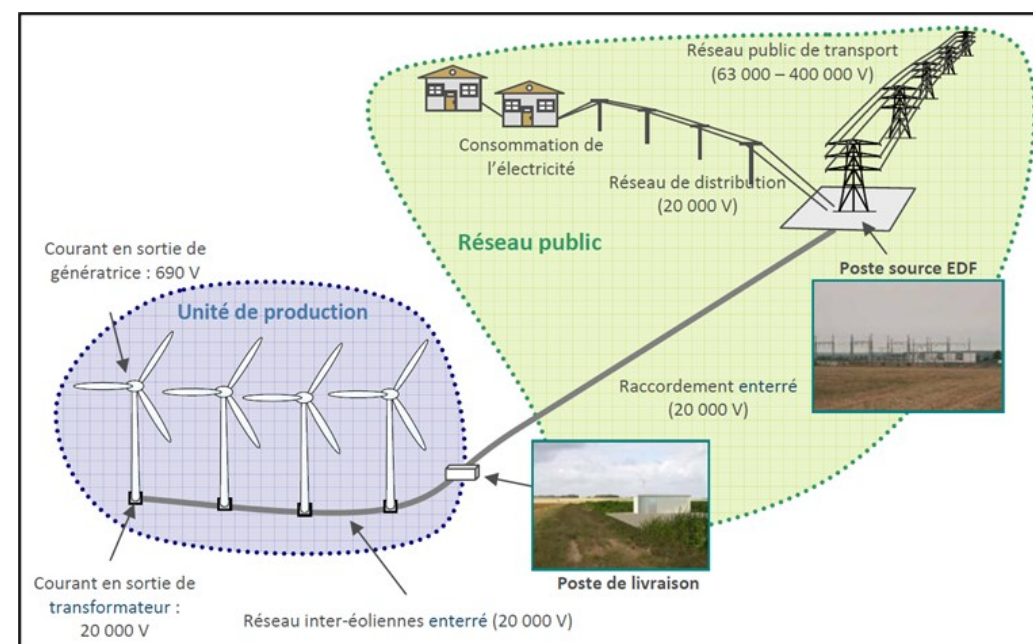


Source : VALOREM

2.1.6. Phase 7 : raccordement inter-éolien

Des câbles électriques enfouis relient le poste de livraison vers le poste source où l'électricité est transformée en 63 ou 90 kV avant d'être délivrée sur le réseau haute tension. Ceci correspond au réseau externe (public), pris en charge par ENEDIS.

Figure.180 : raccordement électrique des installations.

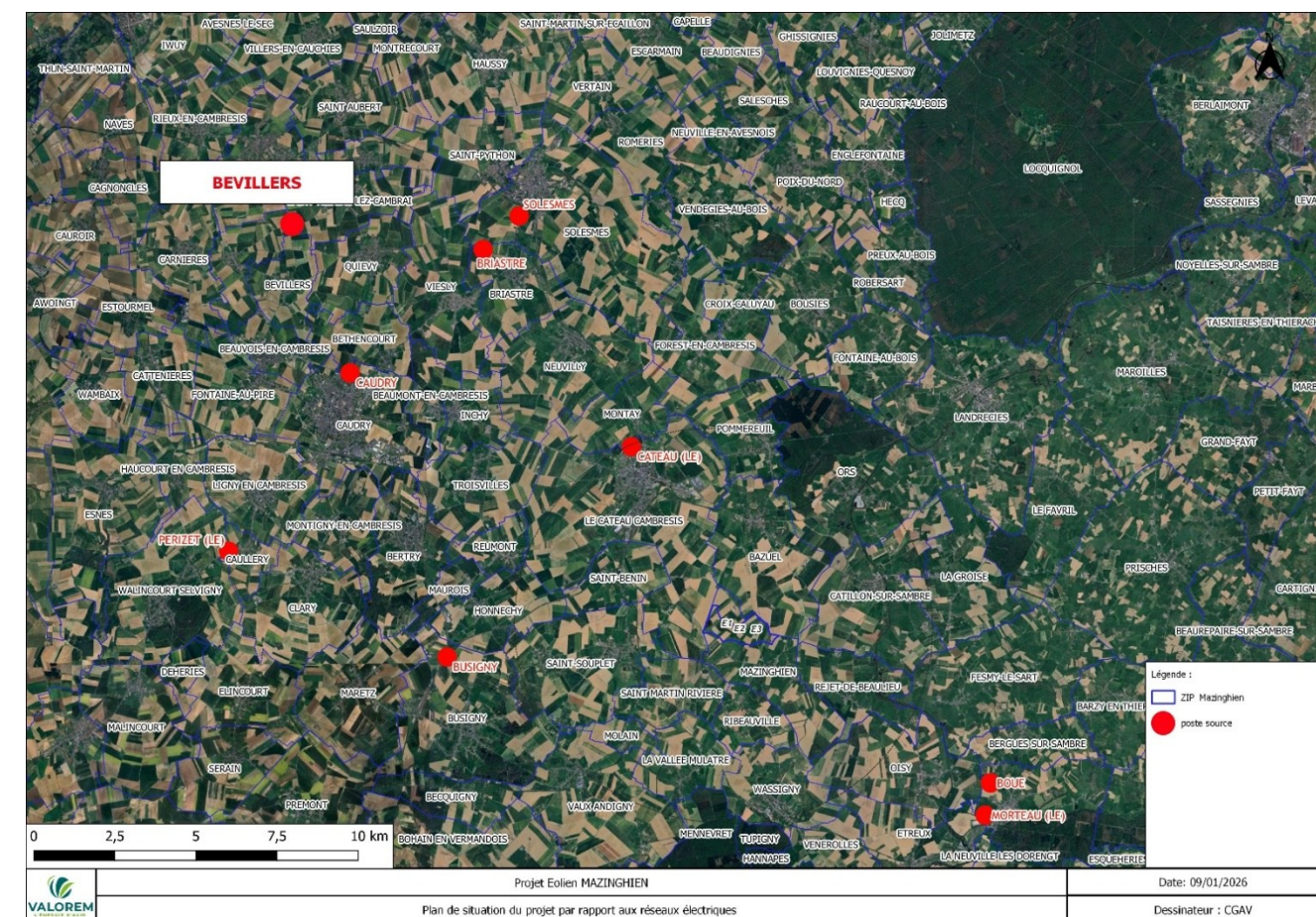


Source : Syscom

D'après les articles R.321-10 à R.321-21 du Code de l'Energie, les gestionnaires des réseaux publics doivent proposer la solution de raccordement sur le poste le plus proche disposant d'une capacité réservée suffisante pour satisfaire la puissance de raccordement demandée.

La solution de raccordement pressentie pour le projet éolien de Mazinghien est un raccordement en antenne sur le poste source de BEVILLERS (ex FAMARS2) situé à environ 21 km du projet (15km à vol d'oiseau), qui dispose d'une capacité d'accueil de 160 MW et prévoit une capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR de 70 MW. Un troisième transformateur pourrait y être installé. Les autres postes présents ne disposent plus de capacités de raccordement.

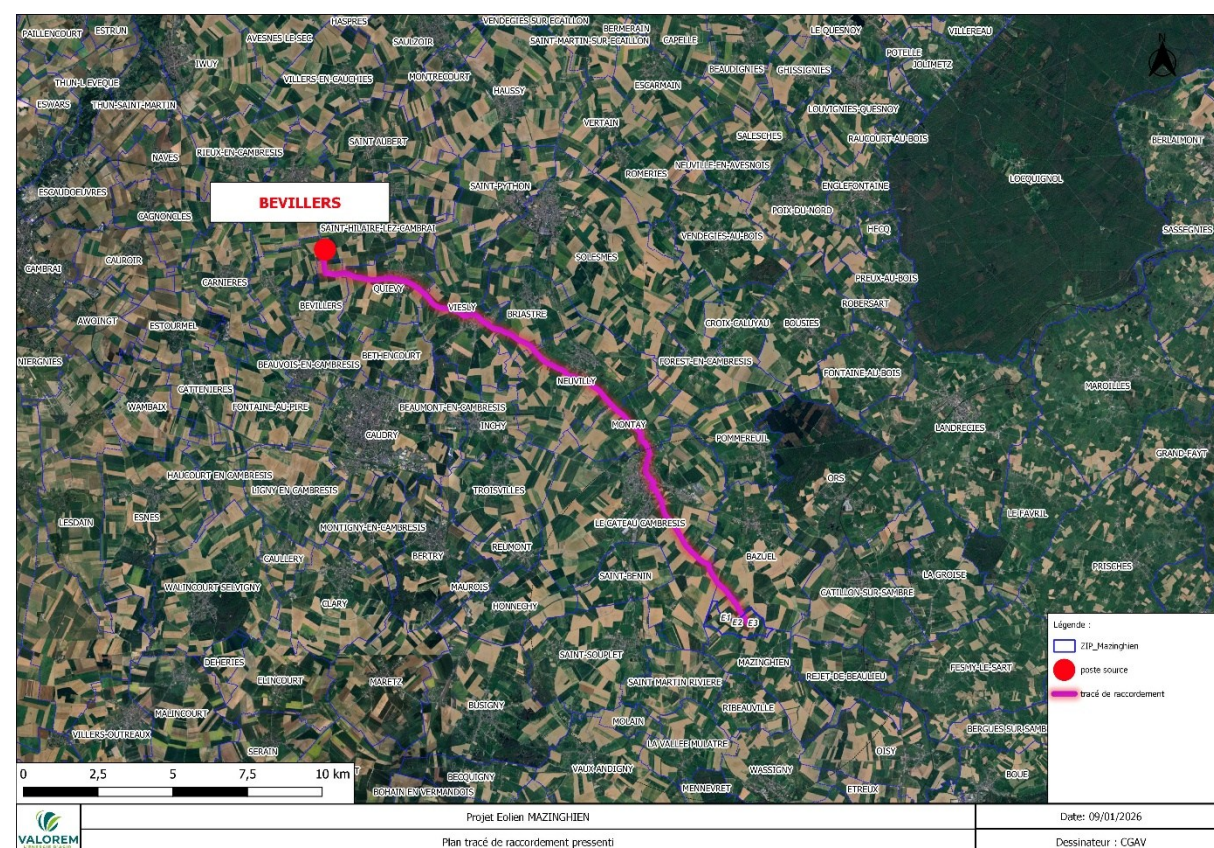
Figure.181 : Plan de situation du projet par rapport au réseau électrique.



Le projet de tracé retenu sera soumis à l'avis du maire de la commune et des gestionnaires des domaines publics ou de services publics concernés, conformément à l'article R.323-26 du Code de l'Energie : Approbation et réalisation des ouvrages des réseaux publics d'électricité.

Le raccordement entre les postes de livraison et le poste source sera réalisé en accord avec la politique nationale d'enfouissement du réseau et sera en technique enterrée. Le raccordement s'effectuera par l'intermédiaire d'une ligne électrique de 20 000 V enterrée à 1 mètre de profondeur vers le poste source.

Figure 182 : Cheminement pressenti du raccordement du projet au poste source.



Des réseaux de télécommunication (téléphonique commuté, numérique, fibre optique) sont également nécessaires pour l'exploitation et la télésurveillance du parc éolien.

Conformément à la procédure de raccordement en vigueur, les prescriptions techniques et un chiffrage précis du raccordement au réseau électrique seront fournis par le gestionnaire du réseau de distribution. Les dispositions imposées par le gestionnaire du réseau dans la convention de raccordement et les différents contrats relatifs au fonctionnement de l'installation ainsi qu'à la stabilité du réseau (régulation de tension, compensation d'énergie réactive...) seront suivies par le maître d'ouvrage et précisées dans le cahier des charges des entreprises missionnées.

Le parc éolien et ses installations électriques seront conformes aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement pour le raccordement d'installations de production aux réseaux publics d'électricité, comme prévu dans le Code de l'énergie, notamment les différents articles du livre III (les dispositions relatives à l'électricité) et le titre IV (l'accès et le raccordement aux réseaux). De la même manière, le maître d'ouvrage se conformera à tous les autres arrêtés et décrets régissant les installations électriques.

Le poste source, le tracé et les caractéristiques de l'offre de raccordement seront cependant définis avec précision lors de l'étude détaillée, qui ne pourra être réalisée par ENEDIS qu'après l'obtention de l'autorisation environnementale. Une Proposition Technique et Financière (PTF), prenant en compte l'ensemble des impacts prévisibles dus au projet, depuis le poste de livraison du site au poste source ENEDIS sera alors effectuée.

Les études techniques réalisées par le gestionnaire de réseau (ENEDIS) définissent les protections électriques à mettre en œuvre au point de raccordement du parc éolien. Ces protections sont définies et agissent pour protéger le réseau de distribution électrique et la centrale éolienne. En cas de court-circuit, que ce soit dans un parc éolien ou sur le réseau, ces protections isolent ainsi le défaut et limitent son développement. Les études techniques définissent également les besoins matériels du gestionnaire de réseau pour accueillir le parc éolien.

Les modifications et les coûts associés sont à la charge de la société VALOREM.

Une fois l'accord d'ENEDIS obtenu sur le dossier, les dossiers définitifs sont déposés à la Direction Départementale des Territoires (DDT) qui consulte la mairie et les services de l'état. Les services consultés ont un mois pour émettre des réserves. La DDT rend son avis dans les deux mois. Parallèlement, des conventions de servitude de passage sont signées avec tous les propriétaires concernés.

Les délais cumulés de procédure et de raccordement seront compris entre 18 et 24 mois comptés à partir de la date de délivrance de l'autorisation environnementale. Le raccordement des postes de livraison au poste source ENEDIS sera assuré par ENEDIS mais financé par la société VALOREM en tant qu'utilisateur de ce réseau.

2.1.7. Assemblage et montage des éoliennes

Les différents éléments constituant les éoliennes seront acheminés sur le site par mer et/ou par route selon leur provenance. Les composants sont stockés sur la plateforme de montage et sur les zones prévues à cet usage.

Même si une éolienne se divise en plusieurs éléments, son transport est complexe en raison des dimensions et du poids de ce type de structure. Leur transport nécessite donc des véhicules adaptés qui font l'objet d'une procédure « *convoi exceptionnel* ».

L'acheminement du matériel de montage et des composants d'une éolienne nécessitera environ 130 camions d'une longueur de 50 à 60 mètres, regroupés en convois exceptionnels 3 camions afin de limiter le nombre de convois.

De plus, il faudra acheminer les grues nécessaires au montage des éoliennes. Deux grues, une grue principale et une grue secondaire, sont envisagées dans le cadre du présent projet éolien.

Tableau 52 : nombre de camions approximatif nécessaires par éolienne.

Eléments transportés	Nombre de camions par éolienne
Nacelle et moyeu	2
De 1 à 2 pales par camion (selon les constructeurs)	2 à 3
Eléments constitutifs de la tour	33
Container de câbles et contrôleurs	1
Container d'outil	1
Béton (700 m³)	90
Total	De l'ordre de 130

Source : Envol Environnement

Figure 183 : exemples de transport des éoliennes en convoi exceptionnel.



Source : www.transportwatson.com



Source : www.tuxboard.com

Au niveau du chantier,

- Environ 90 camions toupies à béton sont envisagés par fondation ;
- Seront également nécessaires des camions servant à l'évacuation des déblais, évalués à 700 m³ par éolienne, soit 2 100 tonnes. Les camions d'évacuation ont une capacité de 25 tonnes, soit 42 camions par éolienne ;
- Divers engins seront nécessaires sur le chantier : bulldozers, tractopelles, niveleuses et compacteurs, pelles, rouleau compresseur, bennes pour gravats, trancheuses pour les tranchées de raccordement électrique.

Les éoliennes seront livrées en pièces détachées et assemblées directement sur le site. Les engins spéciaux nécessaires à l'installation des éoliennes seront adaptés à la nature des sols afin de garantir une bonne stabilité. Le chantier sera adapté à l'installation des engins de levage : pistes d'accès capables de supporter les engins, plateforme d'exploitation, plateforme supplémentaire temporaire durant la phase chantier, moyens techniques particuliers, etc,...

Une aire de montage sera créée au droit de chacune des éoliennes du parc éolien. Elle doit être dimensionnée de telle sorte que tous les travaux requis pour le montage de l'éolienne puissent être exécutés de manière optimale, notamment :

- L'entreposage des différents éléments de l'éolienne (mât, pales, moyeu et nacelle) ;
- L'assemblage des pales et du rotor ;

- La création d'une plate-forme pour permettre la circulation du trafic engendré pendant la durée du chantier ainsi que le stationnement des grues de levage et des engins de chantier.

Les aires de montage incluent des plateformes de travail permanentes (incluant les fondations) ainsi que des plateformes de levage durant la phase de chantier.

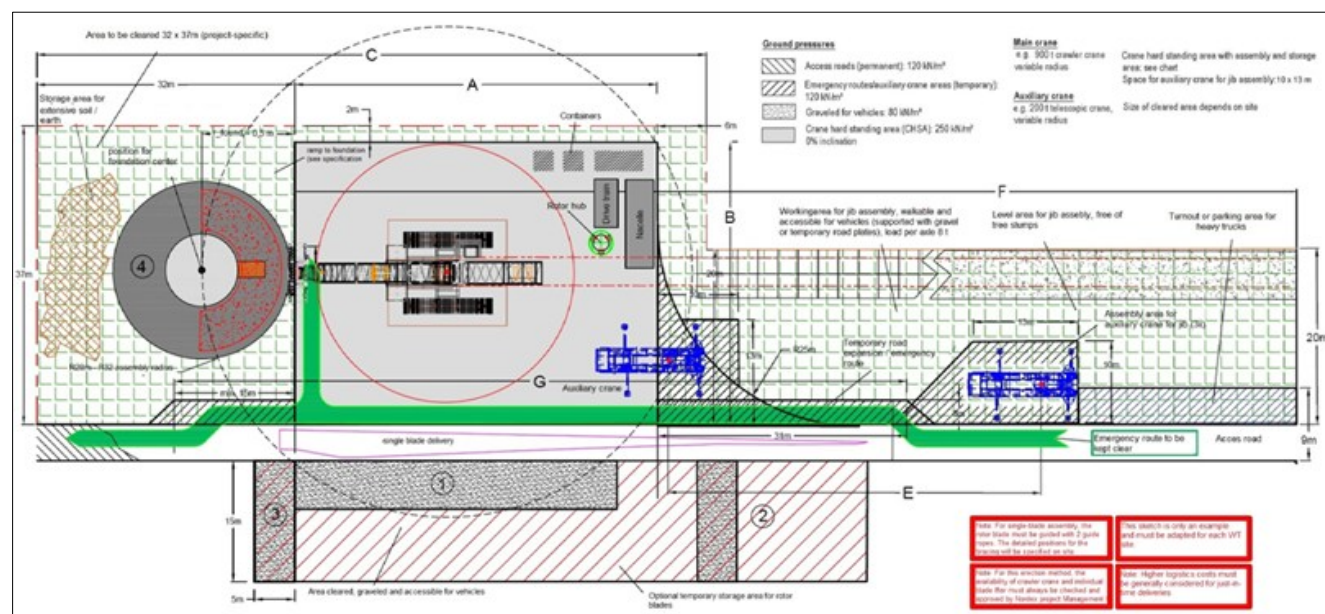
Les dimensions précises des plateformes de levage et montage ne sont pas fournies au stade du demande d'autorisation environnementale puisque le modèle de machine n'est pas retenu.

Les plateformes d'exploitation, incluant la plateforme de travail et la plateforme de levage, représenteront une superficie totale de 7 087 m² pour les 3 éoliennes.

Ces aires de montage devant être planes, un décapage des sols sera réalisé afin de débarrasser le sol de son couvert végétal. Le niveau altimétrique de l'aire de levage devra être supérieur à celui du sol pour permettre l'évacuation des eaux superficielles.

Elles sont très souvent constituées d'une couche de cailloux béton concassé compacté, posée sur une couche de sable et un géotextile de protection.

Figure 184 : exemple de plateforme de montage avec grue optimisée pour les zones sur les terrains ouverts (assemblage à une seule pale) pour les éoliennes d'une hauteur de moyeu jusqu'à 170 m.



Source : Nordex

L'aménagement des plateformes de montage débute dès que les chemins d'accès le permettent. Une fois les travaux d'assemblage terminés, la surface empierrée de l'aire de levage sera maintenue en l'état durant toute la durée d'exploitation du parc. Les plateformes ne seront pas végétalisées afin d'éviter d'en faire des zones favorables à l'avifaune et d'augmenter les risques potentiels d'impact sur la faune volante.

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

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

Assemblage de la tour : cette opération mobilise deux grues pour lever une section de tour en position verticale. La section basse de la tour est levée à la position verticale et des poignées aimantées sont utilisées pour amener la tour à sa position. Une fois la section basse placée dans la position adéquate, les boulons de fixation sont serrés.

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

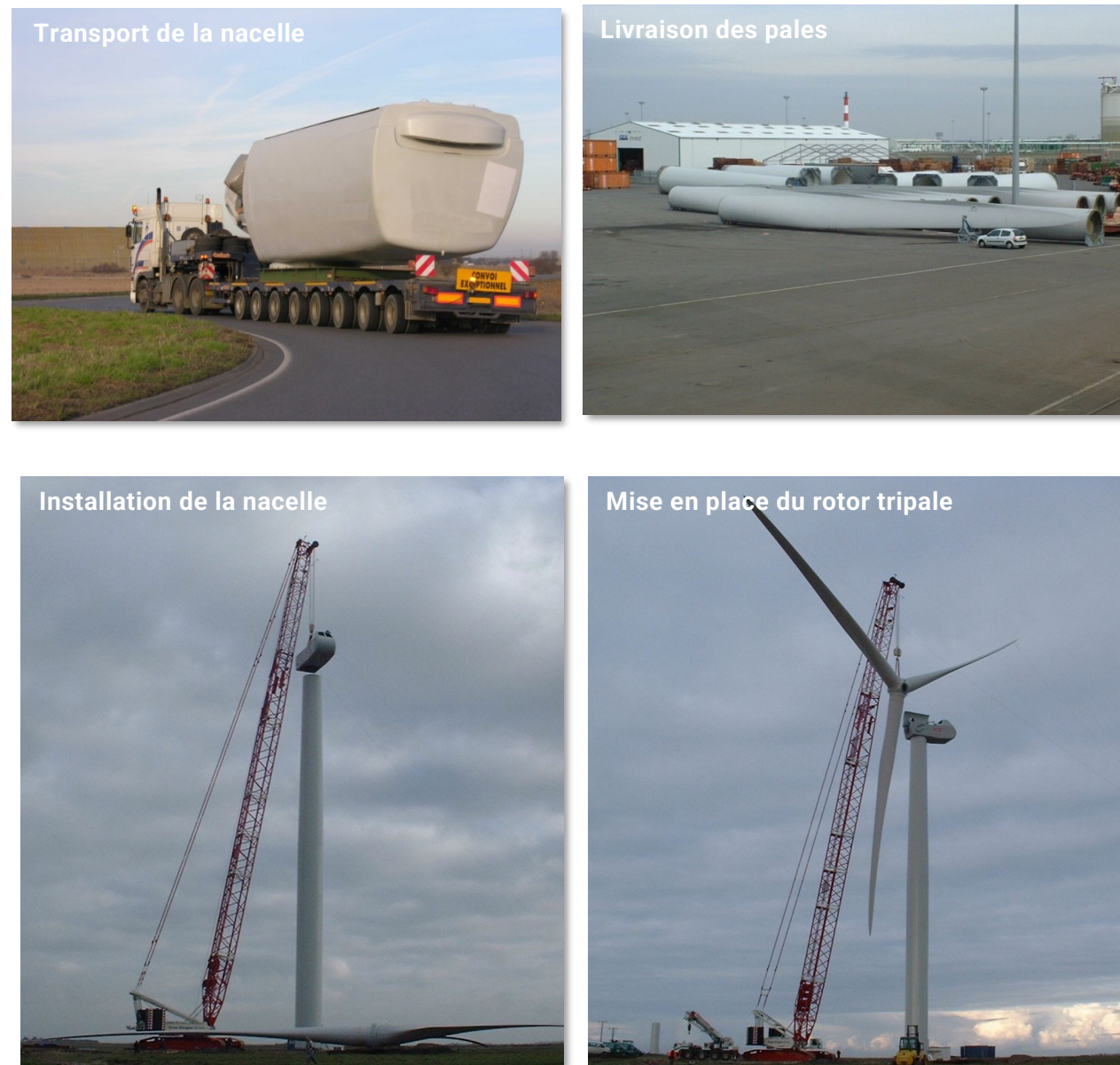
Préparation de la nacelle : Quelques outils sont stockés dans la nacelle lorsqu'elle est levée (outils de serrage, câbles, etc...).

Hissage de la nacelle sur la tour : les étriers de levage doivent être fixés solidement à la nacelle dans un premier temps ainsi que des cordes directrices qui permettront de diriger l'opération.

Deux techniques de levage du rotor sont ensuite possibles :

- Soit le rotor est assemblé au sol et les trois pales sont fixées sur le moyeu avant que l'ensemble soit levé et positionné face à la nacelle ;
- Soit le moyeu est emboîté dans un premier temps sur l'arbre de rotation localisé dans la nacelle puis les trois pâles sont levées et positionnées individuellement les unes après les autres.

Figure 185 : déroulé de l'acheminement et du montage d'une éolienne.



Source : VALOREM

2.1.8. Phase de test et mise en service

Avant la mise en service du parc éolien, des tests électriques et mécaniques préalables seront réalisés sur une période de l'ordre de trois mois.

2.2. LA BASE DE VIE

Afin d'assurer le bon déroulement du chantier, une base de vie de chantier, comprenant un bâtiment préfabriqué pour les vestiaires, un bureau, des locaux sanitaires mobiles ainsi qu'un local pour manger, seront installés sur le site.

Des sanitaires sont en effet installés sur chaque nouveau parc éolien en construction, en conformité avec la réglementation du travail. Ces sanitaires sont reliés à deux cuves. La première cuve est un réservoir d'eau propre (type cuve GLOBUS®) et la deuxième cuve (type fosse PURFLO® de 3000 Litres), recueille les eaux sales. Cette deuxième cuve est fermée et vidangée tous les 4 ans maximum par une entreprise agréée (il n'y a pas de rejet dans le milieu naturel comme c'est le cas pour une fosse septique). Chacune de ces cuves possède deux regards, permettant ainsi un entretien plus aisé.

Des bennes pour les déchets (avec différents containers de façon à trier et à revaloriser tous les déchets) ainsi que des conteneurs pour l'outillage seront également déployés. Les eaux vannes seront dirigées vers des citernes vidangées régulièrement. Ces eaux seront ensuite acheminées vers des stations d'épuration.

Dans le cadre du projet éolien de Mazinghien, la base de vie n'a pas encore été sécurisée à ce stade, mais elle sera vraisemblablement positionnée dans un corps de ferme à proximité de la ZIP. Il n'y aura ainsi pas de consommation d'espace supplémentaire agricole à considérer.

3. L'EXPLOITATION, LA MAINTENANCE ET LE DEMANTELEMENT

3.1. L'EXPLOITATION ET LA MAINTENANCE

La phase d'exploitation débute dès la mise en service des aérogénérateurs.

La durée d'exploitation, correspondant à la durée de vie d'une éolienne définie par le constructeur, est d'environ 25 ans.

En phase d'exploitation normale, les interventions sur le site sont réduites aux opérations d'inspection. Un ensemble de tâches est nécessaire à la réaction face aux imprévus lors de l'exploitation du parc, notamment des **opérations de surveillance** :

- Surveillance quotidienne des aérogénérateurs et de l'infrastructure via le système de supervision SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage et le système de contrôle des éoliennes à distance à partir des informations fournies par les capteurs (analyse des statuts d'erreur, récupération des données de production, contrôle de cohérence des données vis-à-vis de la courbe de puissance). Tous les paramètres de marche des éoliennes (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique etc..) sont transmis par fibre optique puis par liaison sécurisée au centre de commande du parc éolien. Ainsi, la présence humaine sur le parc éolien se limite aux opérations de maintenance programmées et imprévues (incidents ou pannes) ;
- Gestion des dysfonctionnements ;
- Planification et coordination de toutes les opérations techniques ;
- Vérification du respect des règles d'hygiène, sécurité et environnement.

Afin de maintenir une bonne disponibilité des éoliennes, une astreinte 7j/7 sera mise en place par la société VALOREM. Le chargé d'exploitation se connectera plusieurs fois par jour afin de connaître la situation du parc. Toute anomalie détectée engagera une action adaptée et conforme à la procédure interne prédéfinie.

En dehors des connexions régulières, un système d'alertes par SMS/emails sur un numéro d'astreinte sera installé afin de recevoir les informations d'exploitation (découplage de la centrale, turbine en défaut...) à tout moment. Le personnel d'astreinte de la société VALOREM mettra alors en œuvre la procédure adéquate pour traiter le défaut dans les meilleurs délais.

Néanmoins, pour garantir la sécurité de fonctionnement de l'installation, il est impératif de procéder à une **maintenance régulière**.

Les opérations de maintenances seront planifiées et coordonnées par l'équipe de la société VALOREM.

La réalisation de ces maintenances sera contractualisée avec les entreprises sélectionnées par la société VALOREM et compétentes pour les missions assignées.

Le co-contractant pour la maintenance des éoliennes sur ce projet sera le futur constructeur qui dispose d'une forte expérience dans la construction d'éoliennes et assure depuis leur création la maintenance sur leurs machines.

La maintenance est de trois types :

- 1) **La maintenance préventive**, qui a pour but de réduire les coûts d'intervention et d'immobilisation des éoliennes.

En effet, grâce à la maintenance préventive, les arrêts de maintenance sont programmés et optimisés afin d'intervenir sur les pièces d'usure avant que n'intervienne une panne. Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts.

La société VALOREM établira avec les différents prestataires le planning des maintenances préventives assurant le bon fonctionnement du parc et des systèmes de détection à long terme, conformément aux dispositions de l'arrêté ministériel du 26 Août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020) :

- **Maintenance visuelle** : Contrôle visuel de tous les organes principaux, structurels (mâts, échelles, ascenseurs...), électriques (câbles, connexions apparentes...) et mécaniques ;
- **Maintenance visuelle/graisage** : Vérification et mise à niveau de tous les organes de graissage (cartouches, pompes à graisse, graisseurs) ;
- **Maintenance visuelle/électrique** : Contrôle de tous les organes de production et de régulation (génératrices, armoires de puissance, collecteurs tournant) ainsi que de tous éléments électriques (éclairage, capteurs de sécurité) ;
- **Maintenance visuelle/mécanique** : Contrôle des boulons de tour, vérification des couples de serrage selon protocole défini, maintien des câbles et accessoires, moteurs d'orientation, poulies et treuils.

De manière générale, une vérification mensuelle des équipements mécaniques et hydrauliques est effectuée. Les matériaux, l'électronique et les éléments de raccordement électrique sont vérifiés annuellement et une vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement des pièces est réalisée. Cependant, le cahier des charges et la planification des différentes interventions peuvent varier en fonction du fabricant et du type de machine.

A titre d'exemple, les tableaux ci-après décrivent la liste des taches de maintenance effectuées par le constructeur VESTAS au bout de 3 mois et de 6 mois de fonctionnement des éoliennes.

Tableau 53 : principales opérations de maintenance lors de l'inspection des 3 mois

Inspection après 3 mois de fonctionnement	Composants	Opérations
	Etat général	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
	Moyeu	Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
	Pales	Vérification des roulements et du jeu Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bandes paratonnerres
	Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
	Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
	Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification du système de lubrification
	Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
	Bras de couple	Vérification boulons
	Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
	Multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc...

Composants	Opérations
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des boulons
Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux
Vestas Cooler Top™	Vérification boulons Inspection visuelle de la surface Vérification des ailettes et nettoyage si nécessaire Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et le moyeu
Onduleur	Vérification du fonctionnement de l'onduleur.
Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
Transformateur	Inspection du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Vérification du système antichute Test du système de freinage Test du capteur de vibrations Test des boutons d'arrêt d'urgence**

Source : VESTAS
*Ces vérifications sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.
**Ces tests sont ensuite effectués tous les ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.

Ces opérations de maintenance courante seront répétées régulièrement selon le calendrier de maintenance.

Les principales opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après, à titre d'exemple.

Tableau 54 : opérations de maintenance supplémentaire lors de l'inspection des 6 mois puis lors des inspections annuelles

Inspection après 3 mois de fonctionnement	Composants	Opérations	6 mois	1 an
	Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre		x
		Vérification des boulons		x
		Vérification des blocs parafoudre		x
	Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse		x
		Vérification du système de lubrification		x
		Remplacement des sacs de collecte de graisse		x
		Vérification des bandes anti-foudre		x
	Arbre principal	Vérification du niveau sonore et vibratoire	x	x
		Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans	x	x
		Lubrification des boulons de blocage du rotor	x	x
	Générateur	Vérification du bruit des roulements	x	x
		Lubrification des roulements.	x	x
	Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales		x
		Vérification des boulons tous les 3 ans		x
		Vérification des pistons des vérins hydrauliques		x
	Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans		
	Multiplicateur	Vérification de l'absence de débris métalliques	x	x
		Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air	x	
		Remplacement des filtres à air		x
		Inspection du multiplicateur	x	x
		Changement de l'huile	x	x
		Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse	x	x
		Remplacement des tuyaux tous les 7 ans		
	Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans		

Composants	Opérations	6 mois	1 an
Système hydraulique	Changement d'huile selon les rapports d'analyse tous les 4 ans		
	Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre)		
	Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre)		
	Vérification de la pression dans le système de freinage		x
	Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse		x
Vestas Cooler Top™	Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres	x	x
Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur		x
	Remplacement des différents filtres des ventilateurs		x
	Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans		
	Remplacement de la batterie tous les 5 ans		
Capteur de vent	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent		x
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur		x
Tour	Vérification des filtres de ventilation		x
	Maintenance de l'élévateur de personnes		x
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries des processeurs et remplacement si nécessaire	x	
	Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans		
	Remplacement des filtres à air		x
Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence		x
	Test d'arrêt en cas de survitesse		x
	Vérification des équipements de sécurité	x	
	Vérification de la date d'inspection des extincteurs		x
	Inspection du système de freinage		x

Source : VESTAS

2) **La maintenance curative** qui est effectuée dès lors qu'un dysfonctionnement est détecté.

3) **La maintenance des infrastructures électriques du parc**

La société VALOREM veillera au bon fonctionnement des équipements électriques du parc à savoir postes de livraison et câbles HTA enterrés.

A l'heure actuelle, les co-contractants ne sont pas encore sélectionnés mais des entreprises de génie électrique sont déjà en contact avec les services de la société VALOREM.

D'autres tâches seront également réalisées par la société VALOREM au cours de la phase d'exploitation, notamment :

- **Des reportings**

Pendant toute la période d'exploitation, le responsable d'exploitation rédigera régulièrement un rapport sur le parc, dans lequel seront précisés les données de production relevées par ENEDIS, la corrélation des données de production avec les données constructeur et de comptage aux postes de livraison, l'historique des événements survenus sur le parc, les actions engagées (maintenance préventives, curatives) ainsi que d'éventuelles propositions d'améliorations.

- **De la facturation**, notamment :

- Contrôle du comptage ENEDIS et de la facturation à EDF.
- Contrôle poussé des comptes et factures concernant une prestation technique (maintenance, réparation, comptage de l'énergie, autres).

- **Le contrôle de l'émergence acoustique du parc éolien**

Durant l'exploitation du parc éolien, l'équipe de la société VALOREM s'assurera également que les dispositions de bridage prévues lors du développement du projet éolien soient bien respectées. Toutes les mesures seront prises pour éviter tout risque d'émergence sonore.

- **Des suivis des mesures de réduction, compensatoires et d'accompagnement**

La société VALOREM veillera à la mise en place et au suivi des différentes mesures de réduction et d'accompagnement et des mesures compensatoires validées par les services instructeurs lors de l'obtention du permis de construire.

VALOREM veillera constamment à la bonne productivité du parc éolien en exploitation. Pour cela, la société gèrera les interventions des prestataires et de veillera à ce que l'ensemble des opérations soient faites dans le respect des obligations réglementaires.

Lors de la mise en service du projet, la société VALOREM fera appel à un expert technique pour inspecter les éoliennes d'une façon totalement indépendante et objective.

La maintenance des éoliennes est gage de sécurité et du bon fonctionnement et est ainsi souvent opérée par le constructeur qui est le plus à même de vérifier les éoliennes et les paramétrer de telle manière que la production soit maximale et l'usure minimale. Les travaux ne peuvent être confiés qu'à un personnel compétent ayant suivi une formation technique dispensée par le fabricant. Toute intervention doit être validée par un procès-verbal et respecter les normes de sécurité et de santé.

Pendant toute la période d'exploitation, une assurance de responsabilité civile est souscrite par la société VALOREM. L'assurance bris de machine fera partie du contrat signé entre le développeur et le fabricant.

Par arrêté du 22 juin 2020, le ministère chargé de l'énergie a modifié les conditions applicables à l'exploitation des parcs éoliens, à leur renouvellement en fin de vie, à leur démantèlement ainsi qu'aux conditions de calcul des garanties financières pour les nouvelles installations et celles, existantes, qui sont modifiées. Il s'agit d'un texte particulièrement important dans la mesure où il modifie des prescriptions qui étaient fixées dans deux arrêtés du 26 août 2011, l'un relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent soumises à autorisation et l'autre relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières, et crée de nouvelles obligations.

Les articles 11 à 19 de l'arrêté du 22 juin 2020 (applicables au 1^{er} juillet 2020 pour les articles 1 à 16 et 20 à 22 et au 1^{er} janvier 2021 pour les articles 17 à 19) modifient ou créent de nouvelles obligations qui sont imposées à l'exploitant de l'installation relatives à la sécurité et à la maintenance des installations.

Articles de l'arrêté du 22 juin	Obligations imposées à l'exploitant de l'installation relatives à la sécurité et à la maintenance des installations
Article 11	Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques accidentels visés à la section 5 du présent arrêté, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours. « La réalisation des exercices d'entraînement, 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.
Article 12	Avant toute mise en service industrielle, l'exploitant réalise des essais sur chaque aérogénérateur permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre chaque aérogénérateur en sécurité. - 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. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance visé à l'article 19.
Article 13	« 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. « II.-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. « III.-L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse. « L'exploitant tient à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps. « Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. « IV.-La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19. »
Article 14	« 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. » »

Articles de l'arrêté du 22 juin	Obligations imposées à l'exploitant de l'installation relatives à la sécurité et à la maintenance des installations
Article 15	« Les déchets non dangereux et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées. »
Article 16	« Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent : « -les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ; « -les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt (notamment pour les défauts de structures des pales et du mât, pour les limites de fonctionnement des dispositifs de secours notamment les batteries, pour les défauts de serrages des brides) ; « -les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ; « -les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours ; « -le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes (procédures à suivre par les personnels afin d'assurer l'accès à l'installation aux services d'incendie et de secours et de faciliter leur intervention). « Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sables, incendie ou inondation. »
Article 17	« En cas de détection d'un fonctionnement anormal notamment en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse d'un aérogénérateur, l'exploitant ou une personne qu'il aura désigné et formé est en mesure : « - de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai maximal de 60 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur ; « - de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. »
Article 18	« Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte et de prévention contre les conséquences d'un incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, composé a minima de deux extincteurs placés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât. »
Article 19	« Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de 60 minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales permettant de prévenir la projection de glace. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22. » « Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel. » « Cet article n'est pas applicable aux installations pour lesquelles l'exploitant démontre, notamment sur la base de données météorologiques ou de caractéristiques techniques des aérogénérateurs, que l'installation n'est pas susceptible de générer un risque de projection de glace. »

3.2. LE DEMANTELEMENT ET LA REMISE EN ETAT DU SITE

Comme toute installation de production énergétique, les installations envisagées n'ont pas un caractère permanent et définitif. Les éoliennes envisagées sont certifiées pour une durée de vie minimale de 25 ans.

La question se pose du **destin final du parc éolien au terme de son activité**. Plusieurs solutions des parcs éoliens sont possibles, selon notamment le coût des énergies concurrentes :

- Le premier scénario repose sur la continuité d'exploitation du site étant donnée sa qualité éolienne ;
- Le second scénario concerne un remplacement partiel ou total des éoliennes existantes par du matériel de nouvelle génération pour augmenter leur rendement et réduire les coûts d'exploitation. L'ensemble des procédures engagées lors de la création du parc initial devra être renouvelé. Ce scénario s'appelle le « repowering » ;
- Le troisième scénario concerne l'abandon 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.

Dans tous les cas, les ressources financières devront être suffisantes pour remettre en l'état le site, même si l'exploitant du parc éolien devait rencontrer des difficultés financières.

Le démontage des éoliennes 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 Engagement National pour l'Environnement du 12 juillet 2010. Il est indiqué 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, quel que soit le motif de 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 ».

3.2.1. Les étapes du démantèlement

Le décret n°2011-985 du 23 août 2011 vient préciser les obligations des exploitants de parcs éoliens en termes de garanties financières et de remise en état du site.

En ce qui concerne les modalités de remise en état, le décret stipule dans l'article R.553-6 que « *les opérations de démantèlement et de remise en état d'un site après exploitation comprennent :*

- a) *Le démantèlement des installations de production ;*
- b) *L'excavation d'une partie des fondations ;*
- c) *La remise en état des terrains sauf si leur propriétaire souhaite leur maintien en l'état ;*
- d) *La valorisation ou l'élimination des déchets de démolition ou de démantèlement dans les filières dûment autorisées à cet effet ».*

L'arrêté du 22 juin 2020 puis l'arrêté du 10 décembre 2021 apportent des précisions sur les opérations de démantèlement :

« *Les opérations de démantèlement et de remise en état prévues à l'article R. 515-106 du Code de l'environnement s'appliquent également au démantèlement des aérogénérateurs qui font l'objet d'un renouvellement. Elles comprennent :*

- 1- *Le démantèlement des installations de production d'électricité, le démantèlement des postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison. Dans le cadre d'un renouvellement dûment encadré par arrêté préfectoral, les postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison peuvent être réutilisés ;*
- 2- *L'excavation de la totalité des fondations jusqu'à la base de leur semelle, à l'exception des éventuels pieux. Par dérogation, la partie inférieure des fondations peut être maintenue dans le sol sur la base d'une étude adressée au préfet et ayant été acceptée par ce dernier démontrant que le bilan environnemental du décaissement total est défavorable, sans que la profondeur excavée ne puisse être inférieure à 2 mètres dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable et 1 m dans les autres cas. Les fondations excavées sont remplacées par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation. Dans le cadre d'un renouvellement dûment encadré par arrêté préfectoral, les fondations en place peuvent ne pas être excavées si elles sont réutilisées pour fixer les nouveaux aérogénérateurs.*
- 3- *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 ».*

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

VALOREM s'engagera par ailleurs via les baux passés avec les propriétaires et exploitants des terrains, **à remettre en état les terrains mis à disposition.**

3.2.2. Garantie financière

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 puis par l'arrêté du 10 décembre 2021) relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, l'exploitant constitue les garanties nécessaires à la remise en état du site.

L'arrêté du 26 août 2011, dans sa version modifiée par l'arrêté du 22 juin 2020 puis par l'arrêté du 10 décembre 2021 et par l'arrêté du 11 juillet 2023, donne des précisions sur les garanties financières.

CALCUL DU MONTANT INITIAL DE LA GARANTIE FINANCIÈRE

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

$$M = \sum (Cu)$$

où :

-M est le montant initial de la garantie financière d'une installation ;

-Cu est le coût unitaire forfaitaire d'un aérogénérateur, calculé selon les dispositions du II de l'annexe I du présent arrêté. Il correspond aux opérations de démantèlement et de remise en état d'un site après exploitation prévues à l'article R. 515-106 du code de l'environnement.

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

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

$$Cu = 75\,000$$

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

$$Cu = 75\,000 + 25\,000 \times (P-2)$$

où :

-Cu est le montant initial de la garantie financière d'un aérogénérateur ;

-P est la puissance unitaire installée de l'aérogénérateur, en mégawatt (MW).

III.-En cas de renouvellement de toute ou partie de l'installation, le montant initial de la garantie financière d'une installation est réactualisé par un nouveau calcul en fonction de la puissance des nouveaux aérogénérateurs. La réactualisation fait l'objet d'un arrêté préfectoral pris dans les formes de l'article L. 181-14 du code de l'environnement. »

Selon l'arrêté du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021 venant modifier l'arrêté du 26 Août 2011, « Dès la première constitution des garanties financières visées à l'article 30, l'exploitant en actualise le montant avant la mise en service industrielle de l'installation, puis actualise ce montant tous les cinq ans. L'actualisation se fait en application de la formule mentionnée en annexe II au présent arrêté ».

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

Dans le cadre du parc éolien de Mazinghien Energies, et conformément à la réglementation en vigueur, le montant de ces garanties financières s'élève à 180 000 € par machine (pour une puissance nominale max de 6,2MW par machine), soit 540 000 € pour l'ensemble du parc (hypothèse de machine de puissance nominale de 6,2MW). La mise en œuvre de ces garanties financières donnera lieu à un cautionnement bancaire consentie au maître d'ouvrage.

Conformément à l'article R516-2 III du code de l'environnement, l'exploitant transmettra au préfet, à la mise en service du parc éolien, un document attestant la constitution des garanties financières.

Par ailleurs, conformément à l'article D181-15-2 du code de l'environnement, le maire de la commune de Mazinghien ainsi que les propriétaires concernés par l'implantation des éoliennes ont donné leur avis sur la remise en état du site à la fin de l'exploitation du parc éolien. Ces avis figurent en annexe de la lettre de demande (tome 1) du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

3.3. DESTINATION DES DECHETS

Sont identifiés ci-dessous, dans un premier temps, les différents types de déchets puis dans un second temps leurs destinations une fois que l'éolienne sera démontée.

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

3.3.1. Identification des types de déchets

- **Les pales** : le poids des trois pales peut varier entre 20 et 25 tonnes selon le modèle. Ils sont constitués de composites de résine, de fibres de verre et de carbone, difficiles à recycler. Elles peuvent être broyées et valorisées comme combustible.

Une autre possibilité consiste à utiliser le broyat de pales pour fabriquer de nouveaux matériaux composites. C'est notamment la solution mise au point par l'Université de Washington en collaboration avec General Electrics (GE) et Global Fiberglass Solutions Inc (GFSI) de Seattle.

Plus localement, le Cluster « Energies et Stockage » de l'Agence de Développement et d'Innovation de Nouvelle-Aquitaine rassemble des industriels et chercheurs sur le sujet du recyclage et de valorisation des pales d'éoliennes.

- **La nacelle** : le poids total de la nacelle est approximativement de 71 tonnes. Différents matériaux composent ces éléments : de la ferraille d'acier, de cuivre et différents composites de résine et de fibre de verre. Ces matériaux sont facilement recyclables.
- **Le mât** : le poids du mât est principalement fonction de sa hauteur. Le mât est principalement composé d'acier qui est facilement recyclable. Des échelles sont souvent présentes à l'intérieur du mât. De la ferraille d'aluminium sera récupérée pour être recyclée. Les parties métalliques comme le mât et le rotor constituent plus de 90 % du poids des aérogénérateurs et se recyclent sans problème dans les filières existantes.
- **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 totalité des fondations est excavée jusqu'à la base de leur semelle, à l'exception des éventuels pieux. Par dérogation, la partie inférieure des fondations peut être maintenue dans le sol sur la base d'une étude adressée au préfet démontrant que le bilan environnemental du décaissement total est défavorable, sans que la profondeur excavée ne puisse être inférieure à 2 mètres dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable et 1 m dans les autres cas.

Les fondations excavées sont remplacées par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation. Le béton armé des fondations peut aussi être facilement valorisé : trié, concassé et déferroillé ; il est réutilisé sous la forme de granulats dans le secteur de la construction. La vidéo ci-dessous illustre une opération de démolition et de recyclage de la fondation d'une éolienne, réalisée par VALREA, filiale construction du Groupe VALOREM : <https://youtu.be/r4fV50InCjk>.

3.3.2. Identification des voies de recyclage et/ou de valorisation

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

▪ La fibre de verre

Actuellement, ces matériaux sont, en majorité, mis en décharge avec un coût en forte augmentation et une menace d'interdiction d'enfouissement pour les déchets considérés comme non « ultimes ». Mais des groupes de recherche ont orienté leurs études sur la valorisation de ces matériaux.

Un certain nombre de solution sont aujourd'hui à l'étude :

- La voie thermique et thermochimique permettant par exemple des co-combustions en cimenterie ou la création de revêtement routier ;
- La création de nouveaux matériaux. Ainsi, un nouveau matériau à base de polypropylène recyclé et de broyats de déchets composites a été développé par Plastic Omnium pour la fabrication de pièces automobiles, en mélange avec de la matière vierge.

L'entreprise MCR développe également de nouveaux produits contenant une forte proportion de matière recyclée (60%). Ces nouveaux matériaux présentent une forte résistance aux impacts et aux rayures et peuvent notamment trouver des applications dans le secteur du bâtiment et des sanitaires.

▪ L'acier

Mélange de fer et de coke (charbon) chauffé à près de 1600°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. L'acier se recycle à 100 % et à l'infini.

▪ Le cuivre

Le cuivre est le métal le plus recyclé au monde. En effet, il participe à la composition des éléments de haute-technologie (ordinateurs, téléphones portables, ...). Depuis 2006, le coût d'une tonne de cuivre a progressé de plus de 75 %. 35 % des besoins mondiaux sont aujourd'hui assurés par le recyclage de déchets contenant du cuivre (robinetterie, appareils ménagers, matériel informatique et électronique...). Cette part atteint même 45% en Europe, selon International Copper Study Group (ICSG). Ce métal est recyclé et réutilisé facilement sans aucune perte de qualité ni de performance, explique le Centre d'Information du Cuivre. Il n'existe en effet aucune différence entre le métal recyclé et le métal issu de l'extraction minière.

L'arrêté du 26 août 2011, dans sa version modifiée par l'arrêté du 22 juin 2020 puis par l'arrêté du 10 décembre 2021, stipule que les déchets de démolition et de démantèlement sont réutilisés, recyclés, valorisés, ou à défaut éliminés dans les filières dûment autorisées à cet effet.

- Au 1^{er} juillet 2022, au minimum 90 % de la masse totale des aérogénérateurs démantelés, fondations incluses, lorsque la totalité des fondations sont excavées, ou 85 % lorsque l'excavation des fondations fait l'objet d'une dérogation prévue par le I, doivent être réutilisés ou recyclés.
- Au 1^{er} juillet 2022, au minimum, 35 % de la masse des rotors doivent être réutilisés ou recyclés.

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

- Après le 1^{er} janvier 2024, 95 % de leur masse totale, tout ou partie des fondations incluses, réutilisable ou recyclable ;
- Après le 1^{er} janvier 2023, 45 % de la masse de leur rotor réutilisable ou recyclable ;
- Après le 1^{er} janvier 2025, 55 % de la masse de leur rotor réutilisable ou recyclable.