

#### IV.1.2 ACTIVITE DE L'INSTALLATION

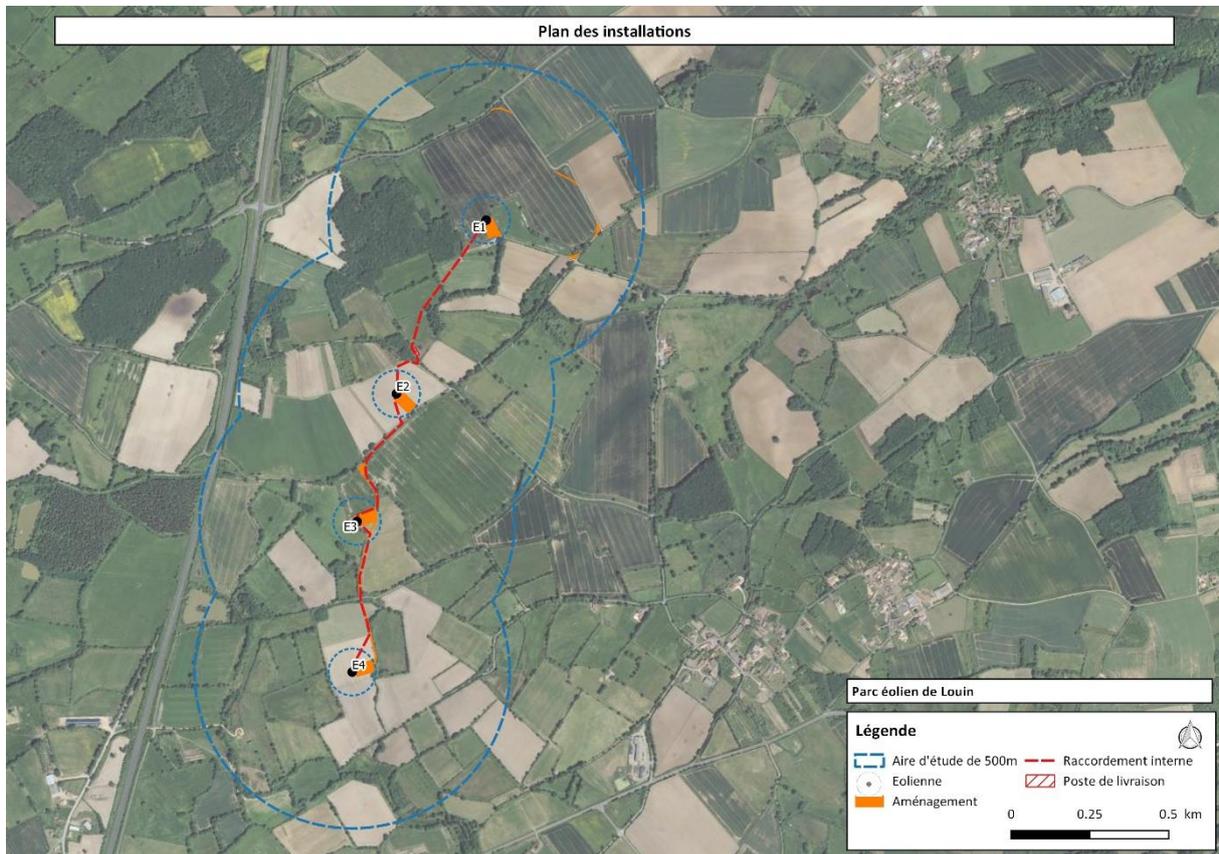
L'activité principale du parc éolien de Louin est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 125 mètres. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

#### IV.1.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de Louin est composé de 4 aérogénérateurs et de 2 postes de livraison.

Le choix précis de la machine retenue se fera sur la base d'un appel d'offre constructeur après obtention des demandes d'autorisations. Ainsi, à ce stade de développement, seul un gabarit de machine a été choisi, possédant une puissance maximale de 5,7 MW. La puissance totale du parc éolien sera donc au maximum de 22,8 MW. La machine sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61400-1.

Les dimensions utilisées dans cette étude sont donc des dimensions « maximisantes », définies à partir de modèles existants, mais qui ne correspondent pas à un modèle précis d'aérogénérateur. Elles permettent d'appréhender de manière maximale les risques potentiels engendrés. Ainsi, les dimensions retenues pour chaque aérogénérateur sont : 125 mètres à une hauteur de moyeu (soit une hauteur de mât de 125 mètres au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 150 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 200 mètres.



Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison :

**Tableau 17 : Coordonnées géographiques des installations du parc éolien**

Numéro de l'éolienne	Coordonnées Lambert 93		Coordonnées WGS84		Altitude en mètres NGF (m)
	Longitude (X)	Latitude (Y)	Longitude (X)	Latitude (Y)	
E1	455725,85	6638061,59	0°12'13.01"O	46°47'53.13"N	145
E2	455441,06	6637506,13	0°12'25.37"O	46°47'34.76"N	140
E3	455316,11	6637097,75	0°12'30.48"O	46°47'21.37"N	132
E4	455300,50	6636616,09	0°12'30.30"O	46°47'5.75"N	128
PdL	455503,30	6637640,40	0°12'22.44"O	46°47'38.99"N	143

## IV.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### IV.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h (2,8 m/s) et c'est seulement à partir de 12 km/h (3,3 m/s) que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes à entraînement direct sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 4 MW par exemple, la production électrique atteint 4 000 kW dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V ou 30 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- le premier par la mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent ;
- le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Tableau 18 : Découpage fonctionnel du parc éolien

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<b>Fondation</b>	Ancrer et stabiliser le mât dans le sol	<p>D'environ 3 m d'épaisseur pour un diamètre d'environ 25 à 35 m, elle est composée de béton armé. Elle est constituée soit d'une virole d'ancrage métallique préfabriquée, soit d'une cage d'ancrage, tous deux enchâssés dans un réseau de ferrailage à béton.</p> <p>L'étude géotechnique, réalisée plusieurs mois avant le démarrage des travaux de construction, permettra de dimensionner précisément les fondations pour chaque éolienne. Les dimensions dépendent : du type d'éolienne, de la nature des sols, des conditions météorologiques extrêmes et des conditions de fatigue. Elles sont enterrées sous le niveau du sol naturel, par remblaiement avec une partie des matériaux excavés.</p> <p>Le dimensionnement et la construction des fondations sont soumis au Contrôle Technique Obligatoire.</p>
<b>Mât</b>	Supporter le rotor et la nacelle	<p>Mât en acier ou en béton de plusieurs tronçons, de couleur blanc grisé (RAL 7035 ou similaire). Il est fixé aux tiges d'ancrage disposées dans la fondation. La hauteur maximale du mât (125 m), et ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée. L'accès au mât se fait par une porte verrouillable en pied d'éolienne. Il abrite une armoire de contrôle, des armoires de batteries d'accumulateurs, les cellules de protection électriques, et le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle. Il est doté d'un dispositif assurant un éclairage intégral des plates-formes et de la montée</p>
<b>Nacelle</b>	Supporter le rotor et abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	<p>La nacelle, de forme elliptique, est positionnée au sommet du mât. Elle abrite un certain nombre d'équipements fonctionnels :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un générateur : transforme l'énergie mécanique en énergie électrique</li> <li>- un multiplicateur : augmente le nombre de rotation de l'arbre (certaines technologies n'en utilisent pas)</li> <li>- Arbre de rotor : transmet le mouvement de rotation des pales</li> <li>- un système de freinage mécanique</li> <li>- un système d'orientation permettant de positionner le rotor face au vent</li> <li>- des instruments de mesure de vent (anémomètre, girouette)</li> <li>- un balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique</li> </ul>
<b>Rotor / pales</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<p>Le rotor se compose de trois pales, construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface. Son diamètre maximum est de 150 m. Les pales sont de la même couleur que le mât (disposition réglementaire).</p> <p>Les pales de l'éolienne sont conçues pour fonctionner à angle et à vitesse variables. Elles pivotent autour de leur axe longitudinal, afin de s'adapter aux conditions de vent. Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des</p>

		<p>pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent (ce qui limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent). La puissance fournie par l'éolienne est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées. Elles peuvent également se mettre en position « drapeau » (parallèle à la direction du vent) pour assurer un freinage aérodynamique en cas de vitesses de vent élevées, qui peut être suivi du freinage mécanique (système à l'intérieur de la nacelle).</p>
<b>Transformateur</b>	<p>Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</p>	<p>Le transformateur permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur de 690 à 30 000 V.</p> <p>Il est composé d'un transformateur élévateur ainsi que d'une cellule de protection du transformateur et de cellules interrupteur-sectionneurs permettant de mettre hors tension les câbles HTA souterrains auxquels l'aérogénérateur est raccordé.</p> <p>Il peut être installé soit dans l'éolienne (pied de mât ou nacelle), soit dans un local à proximité.</p>
<b>Postes de livraison</b>	<p>Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</p>	<p>Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (Enedis ou régie locale) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique. Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont. Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.</p>
<b>Câbles souterrains</b>	<p>Permettent d'acheminer l'électricité depuis les éoliennes jusqu'au réseau de distribution via le poste de source</p>	<p>Câbles enterrés entre 80 et 120 cm de profondeur.</p> <p>Présence d'un grillage avertisseur, réseau borné et repéré.</p> <p>Tension des câbles : 20 000 à 30 000 volts.</p>
<b>Plateforme</b>	<p>Permet le positionnement des grues nécessaires au levage et à la maintenance</p>	<p>Empierrement stabilisé d'environ 2 000 m<sup>2</sup> pour supporter le poids des grues.</p>
<b>Conditions climatiques</b>	<p>Température ambiante de survie</p>	<p>-20 °C à +50 °C</p>
	<p>Puissance nominale</p>	<p>-20 °C à +40 °C</p>
	<p>Arrêt</p>	<p>-20 °C, redémarrage à -18 °C</p>
<b>Période de fonctionnement</b>	<p>1,1 à 3 m/s (4 à 10,8 km/h)</p>	<p>Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent</p>
	<p>Environ 3 m/s (≈ 10,8 km/h)</p>	<p>Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique.</p>
	<p>Supérieur à 3 m/s (&gt; à 10,8 km/h)</p>	<p>La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent</p>

	De 13 à 26 m/s (de 46,8 à 93,6 km/h)	L'éolienne fournit sa puissance nominale, qui est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales. La plage de fonctionnement est dépendante de la puissance nominale de la turbine. Au-delà de 20 m/s (72 km/h), certains modèles produisent légèrement en dessous de la puissance nominale.
<b>Conception technique</b>	Puissance nominale	5,7MW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle
	Diamètre du rotor	150 m
	Hauteur du moyeu	125 m
	Concept de l'installation	Boite de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	6,4 à 12,3 tours par minute
<b>Système de freinage</b>	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide

#### IV.2.2 SECURITE DE L'INSTALLATION

La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques dans le paragraphe VII. 6 de l'étude de dangers. Seule une présentation des principales dispositions réglementaires en vigueur en matière de sécurité est fournie ci-après.

Le parc éolien de Louin sera conforme à la réglementation en vigueur concernant les éoliennes terrestres, et notamment aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatives à la sécurité.

##### IV.2.2.1 NORMES GENERALES

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité.

La société fournissant les machines et en assurant la maintenance, est certifiée ISO 9001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9001.

Les différents types d'éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Aussi, les équipements satisferont à la norme IEC 61 400-22 (avril 2011), relative aux essais de conformité et certification. Cette norme définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue
- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4

- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques.
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs.
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables.

Au cours de la construction de l'éolienne, le maître d'ouvrage mandatera un bureau de vérification pour le contrôle technique de construction.

Les performances des éoliennes sont garanties dans la mesure où les conditions d'installation sont conformes aux spécifications du constructeur.

#### IV.2.2.2 CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation.

- **Implantation**

L'implantation des aérogénérateurs respecte les prescriptions requises par les articles 3 à 5 de l'arrêté. Les aérogénérateurs sont situés :

- A plus de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposable en vigueur au 13 juillet 2010 ;
- A plus de 300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables ;
- De façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens ;
- A plus de 250 m de bâtiments à usage de bureaux.

Conformément à l'article 6 de l'arrêté du 26 août 2011, les caractéristiques des machines utilisées pour le projet éolien de Louin permettront d'éviter que les zones proches ne soient exposées à un champ magnétique, émanant des éoliennes, supérieur à 100 microteslas à 50-60Hz. En outre, l'ensemble du réseau électrique enterré est protégé par des gaines limitant la diffusion des ondes.

Des mesures ont été effectuées par le groupe EMITECH, en 2014, sur un parc éolien afin de déterminer le niveau de champ magnétique basse fréquence. Il s'est avéré qu'à une distance de 500 m d'une éolienne, le champ magnétique mesuré était de 0,003 microteslas. Le niveau maximal qui a été relevé est de 0,093 microteslas, soit 1 075 fois inférieur à la limite « public ». A titre de comparaison, la valeur caractéristique de l'intensité du champ magnétique d'un aspirateur à 3 cm est de l'ordre de 200 à 800 microteslas (*Source : Office fédéral de protection contre les rayonnements, Allemagne*).

- Dispositions constructives

Les chemins d'accès aux aérogénérateurs et plateforme de stockage seront maintenus et entretenus par l'exploitant selon les termes de l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011. Le maître d'Ouvrage s'engage à choisir un modèle d'aérogénérateur qui respectera les articles 8 à 11 de l'arrêté du 26 août 2011 :

- Conformément à l'article 8 de l'arrêté du 26 août 2011, le type d'éolienne implanté pour le projet éolien de Louin sera conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne. Cette norme spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes, tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien.  
Par ailleurs, l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. En outre l'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.
- L'installation sera mise à la terre. Les aérogénérateurs respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.
- Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur seront conformes aux normes IEC 61 400-24 (version de juin 2010), NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13200 (version de 2009).
- Le balisage lumineux du parc éolien nécessaire à la sécurité pour la navigation aérienne sera conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 23 avril 2018 (abrogeant l'arrêté du 13 novembre 2009) qui indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé. Le balisage de l'installation sera donc conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.



Figure 24: Système de balisage lumineux (Source : ECOTERA)

- Exploitation

Après la mise en service, l'exploitant prendra soin de respecter les articles 13 et 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatifs à la sécurité pendant la phase d'exploitation.

- Les personnes étrangères à l'installation n'auront pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs. Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison seront maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.