

II.4. PAYSAGE ET PATRIMOINE

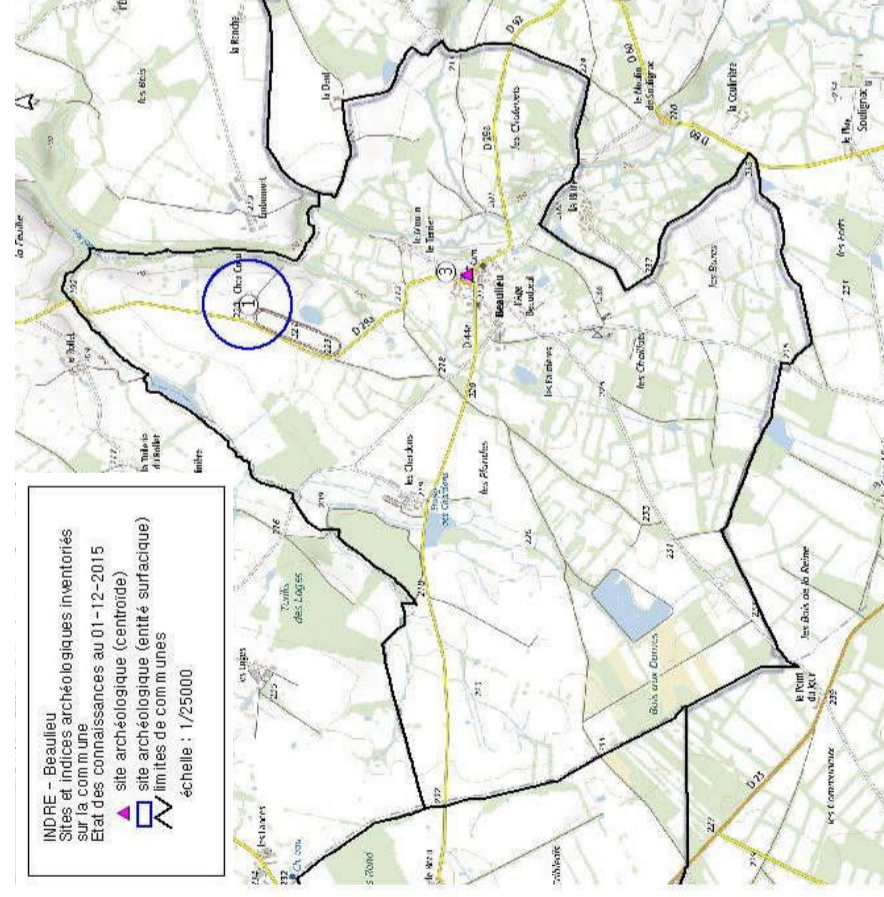
II.4.1. PATRIMOINE CULTUREL ET SITES ARCHEOLOGIQUES

D'après les données de la DRAC de la région Centre, la Zone d'Implantation Potentielle n'est concernée par aucun zonage de protection associé au patrimoine culturel (Monument historique, ZPPAUP, AVAP, sites classés ou inscrits).

Pour les sites archéologiques, les données mises à disposition par la Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) font apparaître la présence de deux sites sur la commune de BEAULIEU :

Tableau 29 : Liste des sites archéologiques sur la commune de BEAULIEU (Source : DRAC Centre Val-de-Loire)

N° carte	N° d'inventaire	Adresse	Nature et datation des vestiges
1	36 015 0001	Chez Cocu	Villa gallo-romaine
3	36 015 0003	Le Bourg église Saint-Nicolas	Église et prieuré médiévaux



SYNTHESE :

La zone d'implantation du projet et ses abords immédiats sont peu contraints par la présence de patrimoine culturel. En effet on ne recense aucun monument historique, site classé/inscrit ou ZPPAUP au sein de la zone d'implantation potentielle ou de l'aire d'étude rapprochée. Pour ce qui est des zonages archéologiques, le site présente une sensibilité limitée voire nulle : aucun site n'est localisé sur la ZIP.

II.4.2. PAYSAGE

L'étude paysagère a été réalisée par l'agence VU D'ICI. Cette étude a été présentée en pièce jointe de la présente Demande d'Autorisation Unique (Cf. Pièce n°4.5 : Etude paysagère). Au sein de ce paysage, trois périmètres d'étude ont été définis afin d'étudier l'insertion du projet à différentes échelles (Cf. I.3. DEFINITION DES AIRES D'ETUDE ET ENJEUX ASSOCIES). Les principaux éléments de l'état initial paysager de ces différents périmètres d'étude sont repris ci-dessous.

II.4.2.1. Bilan de l'analyse paysagère du périmètre éloigné

Le paysage du territoire d'étude se compose globalement au Nord d'un grand plateau bocager plus ou moins plat, entaillé de nombreuses vallées, qui se poursuit au Sud par les premières collines annonçant le Massif Central. Sur le plateau, les enjeux sur l'implantation d'un parc éolien sont conditionnés aux ouvertures et fermetures visuelles qui limitent les vis-à-vis de coteau à coteau, en lien avec la présence de bocage et sa qualité. En-dehors des plateaux, les vallées présentent peu de sensibilité liée à une végétation très dense de fond de vallée. Cependant depuis les coteaux, des points de dégagement favorisant des mises en scène peuvent présenter des sensibilités lorsqu'ils sont dirigés vers la zone d'implantation potentielle.

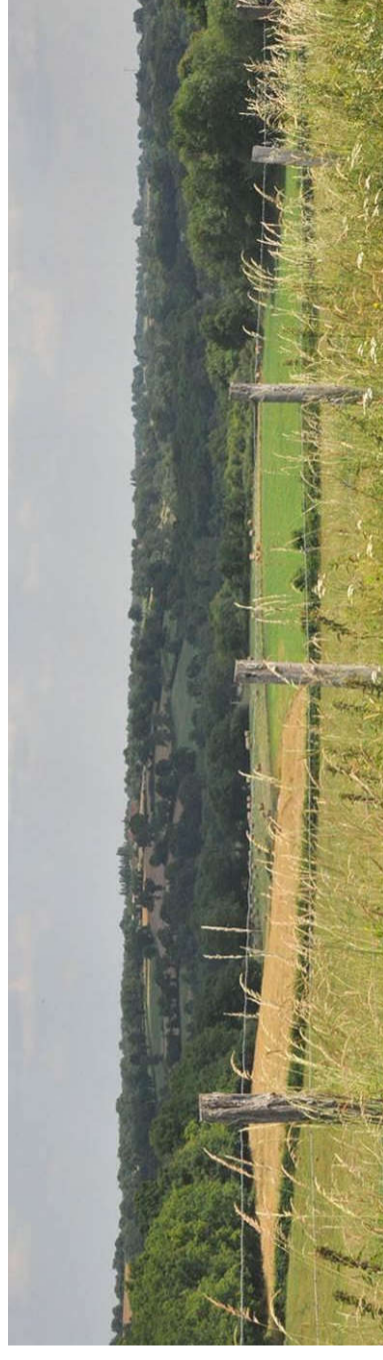


Figure 56 : Ouverture paysagère sur un entrecroisement d'horizons collinaires

De manière générale, les secteurs éloignés présentent peu de sensibilité en raison de la distance au projet et de la fermeture des vues. Les enjeux se concentrent plutôt sur les secteurs proches (qui seront affinés par les analyses des périmètres intermédiaires et rapproché), notamment les environs de Chaillac qui concentrent quelques éléments de patrimoine, des voies et des effets de vallée.

Quatre unités paysagères principales ont été définies sur le territoire d'étude.

- Le plateau des terres froides, entrecoupé de vallées encaissées, dessine un paysage orienté vers le Sud-Est. Sa végétation de bocage dense ne laisse que très peu d'ouvertures visuelles sur les alentours. Seuls quelques points hauts depuis la D121, depuis les bourgs perchés et depuis certains petits hameaux ouvrent une vue de portée plus grande, la plupart non dirigés vers la zone d'implantation potentielle.

- Le paysage de bocage du Boischaud Sud se distingue par un paysage vallonné, souligné par un bocage lâche qui dégage des perspectives de coteau à coteau et laisse filer les vues vers la zone d'implantation potentielle, notamment au niveau des coteaux et des bourgs de Chaillac et Tilly.

- Le paysage de bocage en mailles lâches s'inscrit sur deux plateaux supportant un bocage à maillage lâche et régulier, qui implique des vues moyennes à courtes limitant les enjeux. Pour autant la limite Sud de l'unité, constituée par la ligne du coteau de la Benaize et longée par la D105, ouvre localement des vues paysagères vers la zone d'implantation potentielle.

- Les collines des basses marches limousines, annonçant le Massif central, s'élèvent au-dessus du plateau nord, dégageant depuis les crêtes des points de vue dégagés sur le territoire. Associée à des microboisements, la végétation bocagère tend à diminuer cet effet de promontoire et à cloisonner les vues. Elle les réduit à quelques points hauts, situés au niveau de quelques bourgs (Saint-Léger-Magnazeix, Mahiac-sur-Benaize), et quelques tronçons localisés des axes viaires (D2, D912).



Figure 57 : Vue des collines au Sud du périmètre éloigné

Aucun parc éolien n'est encore visible sur le territoire d'étude, un seul projet étant existant à La Souterraine (en-dehors du périmètre d'étude).

Autrement, dans les 20 Km autour du projet de Beaulieu, quatre projets ont été autorisés : le Bois Chardon, les Basses Marches, le projet de Lussac-les-Eglises et celui de Jouac. Un projet fait également l'objet d'un avis de l'autorité environnementale : il s'agit du projet éolien de Thollet/Coulonges, comptant 19 éoliennes (il est également à noter que depuis, malgré un avis de l'AE favorable, ce projet a été refusé en juillet 2016, suite à l'arrêt de refus du 21/07/2016).

Sur le territoire d'étude, plusieurs autres projets sont en instruction sans avis de l'AE : il s'agit des projets du chemin des vignes, des Grandes chaumes ; des Rimalets, de Mailhac-Benaize, des Terres Noires, des Loges, de Champmas et de Melet. Ils ne sont donc pas pris en compte dans l'étude des impacts et des effets cumulés.

Tous ces projets s'insèrent dans un contexte bocager qui limite généralement les perceptions visuelles. Ainsi, les effets d'intervisibilité entre deux ou plusieurs parcs devraient être limités, chacun bénéficiant de son propre espace visuel.

Le bassin visuel du projet de Beaulieu prend en compte la topographie du site et les trois parcs éoliens situés à moins de 10 Km de la ZIP : seuls les projets de Lussac l'Eglise, de Jouac et celui de Thollet/Coulonges seront étudiés dans l'analyse des effets cumulés.

Les autres parcs ou projet de parc sont situés à plus de 10 Km, ce qui les situe dans des bassins visuels différents.

A l'échelle éloignée, la topographie en creux et bosses du bassin visuel considérée peut notamment faire apparaître avec la multiplication du motif éolien des enjeux de conservation de proportions perçues du territoire depuis les coteaux et fonds des vallées. La végétation refermant les fonds de vallées, les points sensibles vont donc principalement être localisés sur les hauteurs des coteaux, depuis les points hauts touristiques et plus particulièrement au niveau des bourgs implantés de manière étagée à proximité d'une vallée.

Le patrimoine protégé recensé sur le territoire d'étude montre globalement une sensibilité patrimoniale faible, liée au cloisonnement des vues et au caractère discret des édifices dans le paysage.

Les sensibilités concernent principalement les éléments suivants :

- L'église Saint-Pierre de Chaillac [6], en raison de la visibilité de sa silhouette depuis le coteau de l'Anglin ;
- Le colombier du logis seigneurial à Saint-Martin-le-Mault [4], du fait de son exposition visuelle sur la vallée de la Benaize ;
- Le site du château de Brosse [A]-[8], exposé sur la vallée du Rio Bel ;
- La maison forte de la grande Missé [7], visible depuis ses abords et le coteau opposé de l'Anglin.

Dans une moindre mesure, le prieuré Saint-Benoît [1] à Beaulieu, les églises Notre-Dame de Tilly [5], Saint-Georges [11], Saint-Pierre de Mouhet [12] ; Saint-Martin de Parnac [13] ; Saint-Martin de Prissac [25] ; de Saint-Martial [39], Saint-Martial de Dunet [23], la chapelle de Vouhet [24] et l'église et le prieuré Saint-Benoît [20]-[22], présentent un léger enjeu de

covisibilité liée à la visibilité ponctuelle de leur clocher depuis les entrées/ sorties de bourg ou depuis des points hauts particuliers. Le site de la vieille ville de Saint-Benoît-du-Sault et la ZPPAUP [B]-[C] présentent tous deux une légère mise en covisibilité potentielle depuis la sortie Nord du Bourg, au niveau d'un point haut du coteau de la vallée du Portefeuille.

Enfin, la maison de l'Argentier [17] à Saint-Benoît-du-Sault, les églises de Saint-Sylvain de Cromac [2], Notre-Dame de Tilly [5], Saint-Hilaire de Brigueil-le-Chantre [30], de Saint-Léger-Magnazeix [34], l'église Saint-Benoît [22] et le prieuré Saint-Benoît [20] présentent de légères ouvertures visuelles induisant de faibles enjeux de covisibilité directe.



Figure 58 : Le prieuré Saint-Benoît [19] juché sur son pic rocheux, surplombant la vallée du Portefeuille

Enfin, le dolmen de l'Héritière [35] situé à Arnac-la-Poste devra également faire l'objet d'une étude de covisibilité depuis son chemin d'accès.

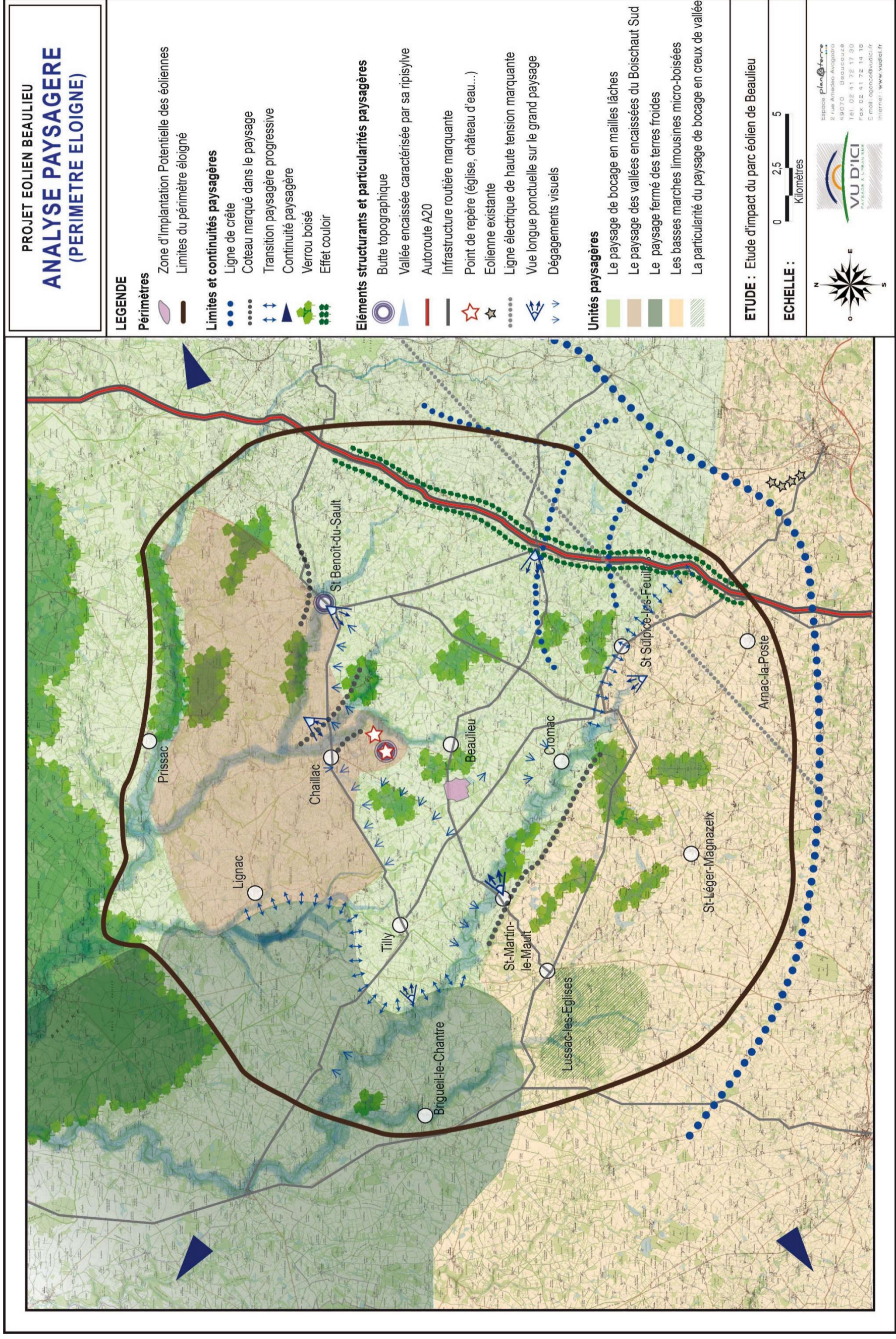


Figure 59 : Analyse paysagère du périmètre éloigné








PROJET EOLIEN BEAULIEU PATRIMOINE PROTEGE (PERIMETRE ELOIGNE)

LEGENDE





Périmètres d'étude

-  Zone d'implantation Potentielle des Eoliennes (ZIP)
-  Limite du périmètre éloigné
-  Limite du périmètre intermédiaire paysager
-  Limite du périmètre rapproché paysager




Types de protection

-  Inscription
-  Classement
-  Protection au titre des sites (ponctuel)
-  Protection au titre de sites (site étendu)
-  Protection au titre des monuments historiques
-  AVAP / ZPPAUP/PSMV
-  Parc Naturel Régional de la Brenne

Contexte paysager

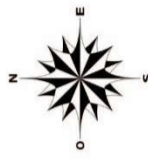
-  Edifice ou site non étudié (en dehors du périmètre éloigné)
-  Edifice ou site intégré dans un écran paysager
-  Edifice ou site disposant d'une ouverture orientée sur le paysage
-  Edifice ou site en belvédère sur le paysage

Visibilité dans le paysage

-  Edifice ou site peu visible dans le paysage
-  Edifice partiellement visible dans le paysage
-  Edifice très visible dans le paysage

ETUDE : Etude d'impact du parc éolien de Beaulieu

ECHELLE : 0 2,5 5
Kilomètres



Espace plan@terra
2 rue Amédée Avogadro
48070 Beaucouze
Tél. 02 41 72 17 90
Fax 02 41 72 14 18
E mail : agence@vudici.fr
Internet : www.vudici.fr

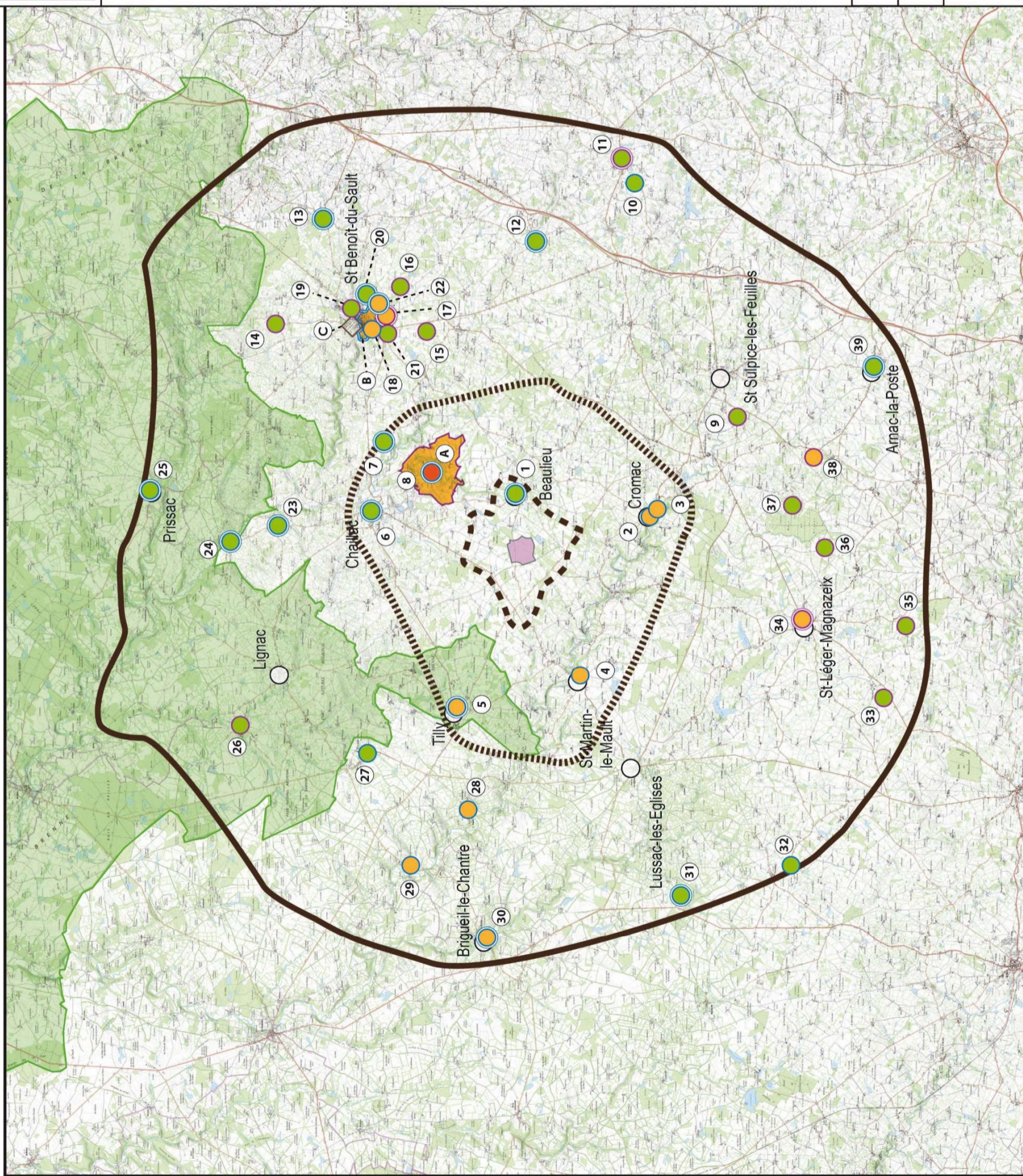


Figure 60 : Patrimoine protégé au sein du périmètre éloigné paysager

Tableau 30 : Analyse des édifices protégés dans le périmètre éloigné

Désignation des éléments protégés							Analyse par périmètre (emboîtement d'échelle)			
Numéro	Nom	Commune	Département	Statut	Distance à la ZIP (Km)	Périmètre éloigné		Sensibilité		
						Echelle(s) d'analyse	Place dans paysage	Visibilité dans le paysage	Vue en direction de la ZIP depuis l'édifice ou un point de mise en scène de l'édifice	
1	Prieuré St-Nicolas de Beaulieu	Beaulieu	Indre	Inscrit	1,5	Rapproché Intermédiaire Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	Pas de vue identifiée à cette échelle	Sensibilité faible ou peu marquée, à affiner lors de l'étude du périmètre intermédiaire
2	Eglise Saint-Sylvain de Cromac	Cromac	Haute-Vienne	Inscrit	4,6	Intermédiaire Eloigné	Ouverture orientée	Peu visible	Possible covisibilité depuis la place de l'église, en hauteur	Sensibilité moyenne, à affiner lors de l'étude du périmètre intermédiaire et rapproché
3	Château, Domaine de Lascroux	Cromac	Haute-Vienne	Inscrit	4,8	Intermédiaire Eloigné	Ouverture orientée	Peu visible	Possible covisibilité depuis l'accès au château	Sensibilité faible ou peu marquée, à affiner lors de l'étude du périmètre intermédiaire
4	Logis seigneurial (colombier)	Saint-Martin-le-Mault	Haute-Vienne	Inscrit	4,6	Intermédiaire Eloigné	Ouverture orientée	Peu visible	Possible covisibilité depuis le coteau Sud de l'Anglin et depuis la D24, en contrebas du coteau de la vallée de la Benaize	Sensibilité moyenne, à affiner lors de l'étude du périmètre intermédiaire et rapproché
5	Eglise paroissiale Notre-Dame de Tilly	Tilly	Indre	Inscrit	5,8	Intermédiaire Eloigné	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la RD36, en entrée de bourg à l'Ouest	Sensibilité moyenne, à affiner lors de l'étude du périmètre intermédiaire et rapproché
6	Eglise Saint-Pierre de Chaillac	Chaillac	Indre	Inscrit	5,2	Intermédiaire Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la D29, en entrée/sortie Nord du bourg de Chaillac	Sensibilité moyenne, à affiner lors de l'étude du périmètre intermédiaire et rapproché
7	Maison forte de la Grange Missé	Chaillac	Indre	Inscrit	4,9	Intermédiaire Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	Possible covisibilité avec le monument depuis la D381 et depuis l'accès au hameau de la Grange Missée	Sensibilité moyenne, à affiner lors de l'étude du périmètre intermédiaire et rapproché
8	Restes du château de Brosse	Chaillac	Indre	Inscrit	3,8	Eloigné	Site en belvédère	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis le monument et avec le hameau de la Grange Missée	Sensibilité forte
9	Dolmen dit des Bras	Saint-Sulpice-les-Feuilles	Haute-Vienne	Classé	9,1	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
10	Chapelle château Montjouan	Azerables	Creuse	Inscrit	13,9	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
11	Eglise Saint-Georges	Azerables	Creuse	Classé	15,2	Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la D5, en entrée Est du bourg	Sensibilité faible ou peu marquée
12	Eglise Saint-Pierre de Mouhet	Mouhet	Indre	Inscrit	11,2	Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	-	Pas de sensibilité
13	Eglise Saint-Martin	Parnac	Indre	Inscrit	13,9	Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	-	Pas de sensibilité

14	Eglise Saint-Sulpice de Roussines	Roussines	Indre	Classé	12,1	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
15	Dolmen de Passe-Bonneau	La Châtre-Lanolia	Indre	Classé	8,1	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
16	Dolmen dit des Gorces ou de Montgarnaud	Parnac	Indre	Classé	10,3	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
17	Maison de l'Argentier	Saint-Benoît-du-Sault	Indre	Inscrit	9,7	Eloigné	Ouverture orientée	Peu visible	Possible covisibilité depuis la rue au pied de l'habitation	Sensibilité faible ou peu marquante
18	Dolmen de l'Aire-aux-Martres	Parnac	Indre	Classé	10,3	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
19	Château de Montgarnaud	Parnac	Indre	Inscrit	10,2	Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la D46	Sensibilité faible ou peu marquante
20	Prieuré St-Benoît	Saint-Benoît-du-Sault	Indre	Inscrit	9,6	Eloigné	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la place de l'église et du prieuré, depuis la D46	Sensibilité moyenne
21	Chaussée de l'étang	Saint-Benoît-du-Sault/La Châtre-Lanolia	Indre	Classé	9,6	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
22	Eglise Saint-Benoît	Saint-Benoît-du-Sault	Indre	Classé	9,7	Eloigné	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible depuis la place de l'église et du prieuré, depuis la D46	Sensibilité moyenne
23	Eglise Saint-Martial de Dunet	Dunet	Indre	Inscrit	8,7	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	Possible covisibilité depuis les abords du hameau de Beauvais	Sensibilité faible ou peu marquante
24	Chapelle de Vouhet	Dunet	Indre	Inscrit	10,5	Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis les abords du hameau de Beauvais	Sensibilité faible ou peu marquante
25	Eglise Saint-Martin de Prissac	Prissac	Indre	Inscrit	13,5	Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	-	Pas de sensibilité
26	Château Guillaume	Lianac	Indre	Classé	12,0	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
27	Château du Pin	Coulonges	Vienne	Inscrit	9,0	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
28	Eglise de Coulonges	Coulonges	Vienne	Inscrit	9,4	Eloigné	Ouverture orientée	Peu visible	-	Pas de sensibilité
29	Eglise Notre-Dame	Thollet	Vienne	Inscrit	12,3	Eloigné	Ouverture orientée	Peu visible	-	Pas de sensibilité
30	Eglise Saint-Hilaire de Briquell-le-Chantre	Briquell-le-Chantre	Vienne	Inscrit	14,3	Eloigné	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis le monument	Sensibilité faible ou peu marquante
31	Colombier du château de la Tour aux Paulines	Verneuil-Moustiers	Haute-Vienne	Inscrit	13,9	Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	-	Pas de sensibilité

32	Château de la Mothe	Tersannes	Haute-Vienne	Inscrit	15,1	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
33	Polissoir dit Le Poulvañ-de-Séjotte	Saint-Léger-Magnazeix	Haute-Vienne	Classé	14,7	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
34	Eglise de Saint-Léger-Magnazeix	Saint-Léger-Magnazeix	Haute-Vienne	Inscrit/Classé	10,4	Eloigné	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis le monument et depuis la D2 en entrée/sortie de bourg	Sensibilité faible ou peu marquante
35	Collegrandmontaine des Bronzeaux	Saint-Léger-Magnazeix	Haute-Vienne	Classé	14,3	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
36	Enceinte quadrilatère	Saint-Léger-Magnazeix	Haute-Vienne	Classé	11,0	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
37	Dolmen dit de la Pierre Levée au Bois de Bouéry	Mailhac-sur-Benaize	Haute-Vienne	Classé	10,0	Eloigné	Dans écran paysager	Peu visible	-	Pas de sensibilité
38	Dolmen de L'Héritière	Arnac-la-Poste	Haute-Vienne	Classé	11,2	Eloigné	Ouverture orientée	Peu visible	Possible covisibilité depuis le monument	Sensibilité faible ou peu marquante
39	Eglise Saint-Martial d'Arnac-la-Poste	Arnac-la-Poste	Haute-Vienne	Inscrit	14,6	Eloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la D61, en point haut	Sensibilité faible ou peu marquante
A	Butte, hameau, château de Brosse et leurs abords	Chaillac	Indre	Classé	2,6	Intermédiaire Eloigné	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis le château de Brosse, depuis le site, depuis l'accès au hameau de la Grange Missée	Sensibilité forte
B	Vieux village de Saint-Benoît-du-Sault	Saint-Benoît-du-Sault	Indre	Inscrit	9,3	Eloigné	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la D64, depuis la place de l'église et du prieuré et depuis la maison de l'Argentier	Sensibilité moyenne
C	ZPPAUP de Saint-Benoît-du-Sault	Saint-Benoît-du-Sault	Indre	ZPPAUP	9,6	Eloigné	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la D64	Sensibilité moyenne

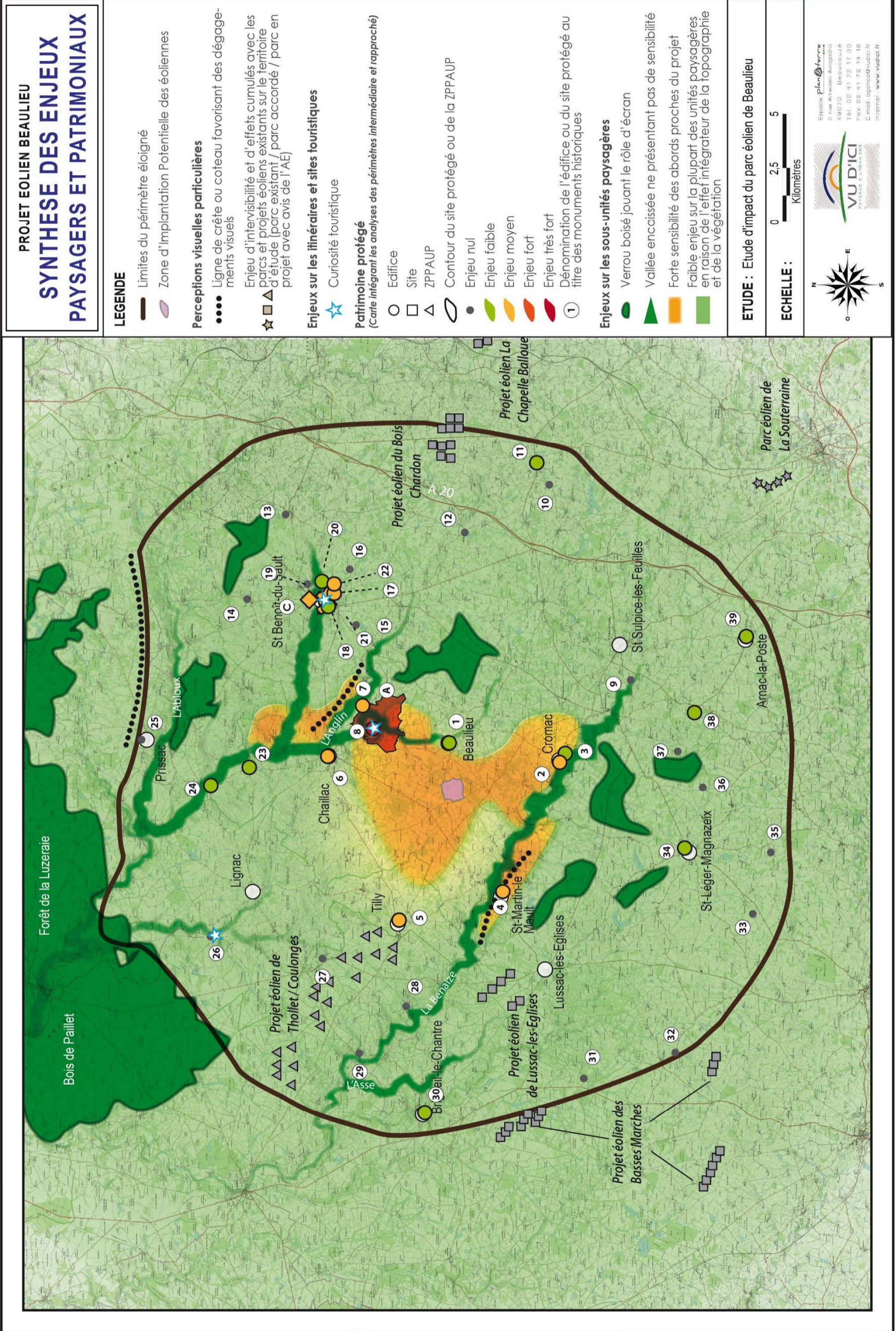


Figure 61 : Synthèse des enjeux paysagers et patrimoniaux



II.4.2.2. Bilan de l'analyse paysagère du périmètre intermédiaire paysager

Appartenant aux deux unités du paysage de vallées encaissées du Boischaud Sud et celui du paysage de bocage en mailles lâches, le paysage présenté dans le périmètre intermédiaire paysager montre des traits distincts entre le Sud et le Nord. La végétation bocagère vient cependant limiter les enjeux de perception vers la zone d'implantation des éoliennes au niveau du plateau bocager entaillé par les deux vallées de la Benaize et du Bel Rio.

Quelques secteurs présentent cependant une certaine sensibilité liée à la portée des vues qui s'en dégagent : le microrrelief autour de Chaillac, le coteau Sud et la butte du château de la Brosse. Par ailleurs, ces sensibilités sont exacerbées par la présence de patrimoine protégé sur ces secteurs.

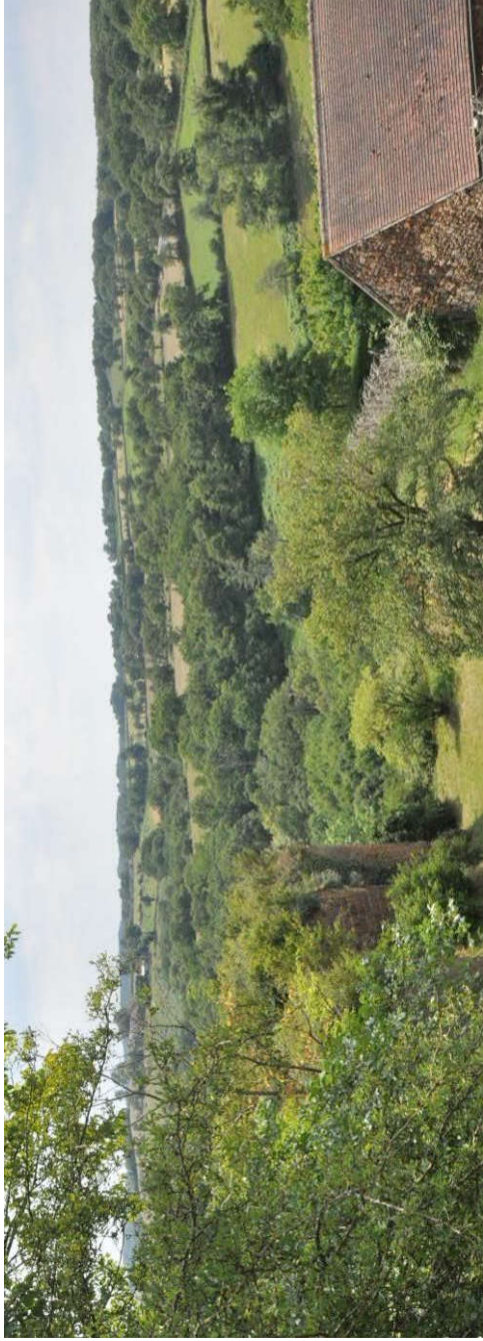


Figure 62 : Vue en belvédère depuis la butte sur le site du château de Brosse, à la limite des deux sous-unités

Cinq bourgs prennent place dans ce paysage : Beaulieu, Chaillac, Cromac et Saint-Martin-le-Mault sur les coteaux des vallées, Tilly en point haut dans le paysage. Tilly et Chaillac revêtent une importance par leur situation dégagée dans le paysage, qui peut générer des effets d'intervisibilité avec la silhouette de bourg.

L'habitat dispersé sur le territoire se caractérise par de nombreux petits hameaux typiques d'un paysage de bocage. Insérés dans la végétation, ils ne sont pour la majorité que très peu perceptibles sur le territoire et ne montrent pas d'enjeux par rapport à l'éolien.

Les axes d'infrastructure sont souvent insérés dans le bocage ou longent les coteaux de vallée. Ils procurent des vues vers la zone d'implantation potentielle au travers de fenêtres dans la végétation. Un enjeu se dégage sur les axes principaux de la D36, la D44, la D105 et de la D36f.



Figure 63 : Vue panoramique en direction de la zone d'implantation potentielle, partiellement obstruée par les boisements du coteau

L'analyse des effets cumulés, centrée sur 4 points à enjeu et sensibles, les deux bourgs principaux (Chaillac et Tilly) et les deux édifices protégés les plus sensibles (Butte, hameau et château de Brosse et le colombier du logis seigneurial) montre que le contexte éolien actuel ne présente pas d'effet d'encerclement ou de saturation visuelle.

La mise en place du projet de Beaulieu induit un enjeu limité par rapport aux effets cumulés :

- Depuis les entrées/sorties des bourgs, seule la sortie Sud de Chaillac montre potentiellement une faible sensibilité d'intervisibilité entre le projet de Beaulieu et celui de Jouac.
- Depuis les centre-bourg ou le patrimoine, la ZIP induit un potentiel effet d'encerclement uniquement depuis Tilly et le colombier du logis seigneurial, qu'il conviendra d'appréhender lors de l'étude des impacts.
- Depuis le château de Brosse, aucun effet d'encerclement ou de saturation visuelle n'est repéré, mais il est à noter un risque de superposition entre la ZIP et le projet de Jouac, qu'il conviendra de qualifier par la suite.

Un petit nombre de circuits touristiques ponctuels ont été créés sur les cantons de Chaillac, Beaulieu et Saint-Martin-le-Mault. Passant le plus souvent en périphérie des bourgs, dans la vallée encaissée, ils permettent donc de se balader le long des cours d'eau dans une ambiance très intimiste. Aucun de ces chemins n'est localisé sur la zone d'implantation potentielle ; en revanche, le sentier de randonnée des gorges de l'Anglin passe par les hauteurs du château de Brosse et présente une vue vers celle-ci.

Cinq édifices ou site protégés montrent des enjeux de covisibilité directs :

- Le pied du logis seigneurial de Saint-Martin-le-Mault et du château de la Brosse présentent des vues dégagées vers la zone d'implantation potentielle ;
- le parvis de l'église Saint-Sylvain de Cromac présente une vue plus réduite mais également dirigée vers la ZIP ;
- l'église Notre-Dame de Tilly présente également un petit dégagement visuel ;
- la maison forte de la Grange Missé présente un enjeu depuis le coteau opposé de la vallée de l'Anglin ;
- l'église de Chaillac joue le rôle de point de repère visuel depuis le coteau opposé de la vallée de l'Anglin et depuis quelques secteurs de la RD29.

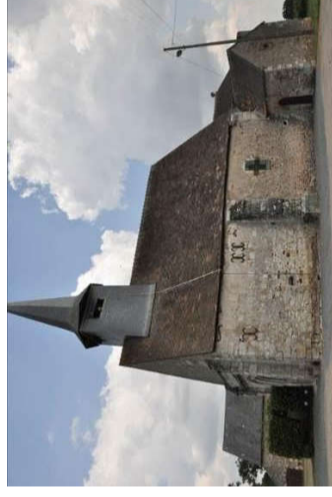


Figure 64 : Eglise paroissiale de Notre-Dame de Tilly et clocher de l'église du bourg de Chaillac

Les autres éléments de patrimoine ne présentent pas d'enjeu de covisibilité.

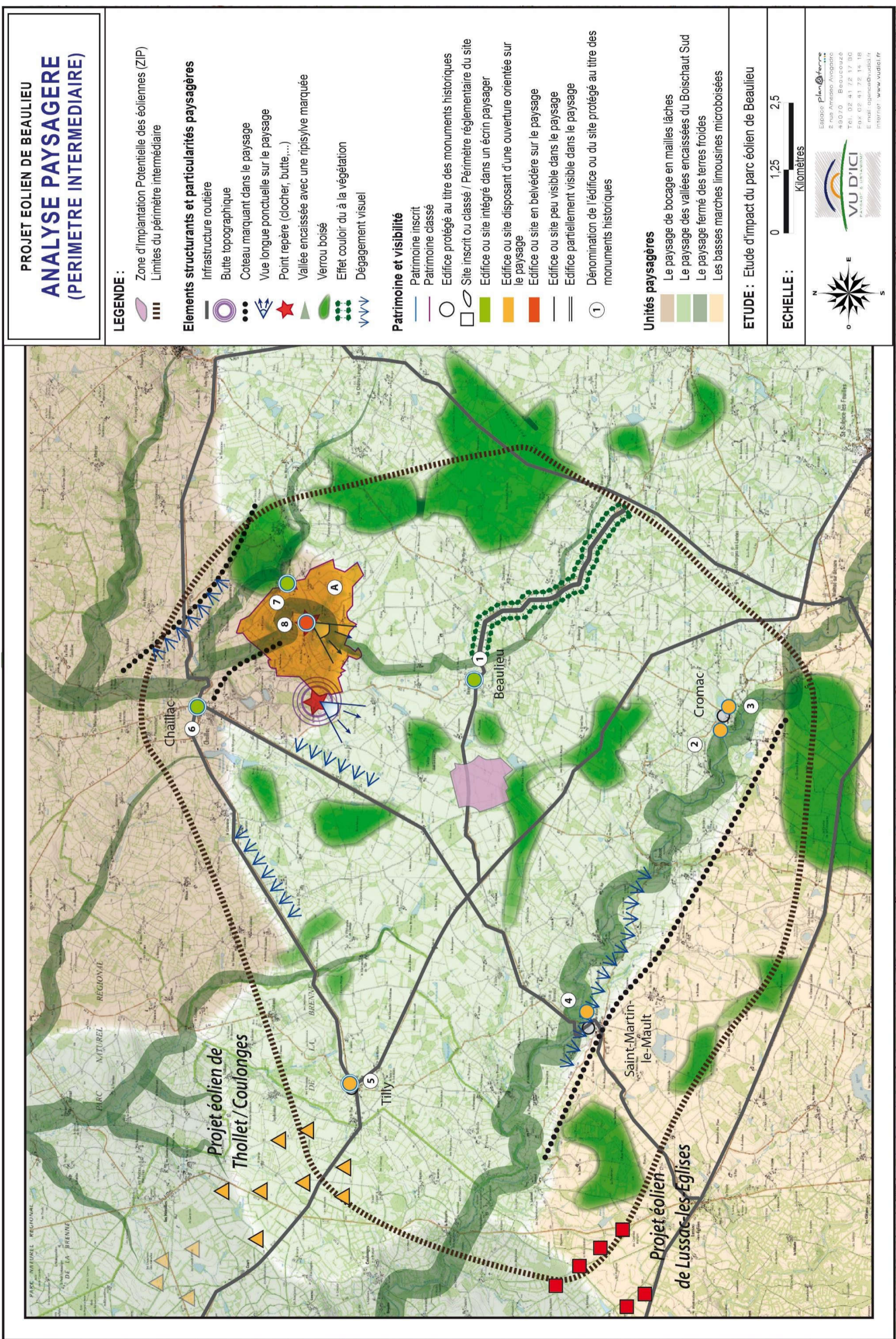


Figure 65 : Analyse paysagère du périmètre intermédiaire



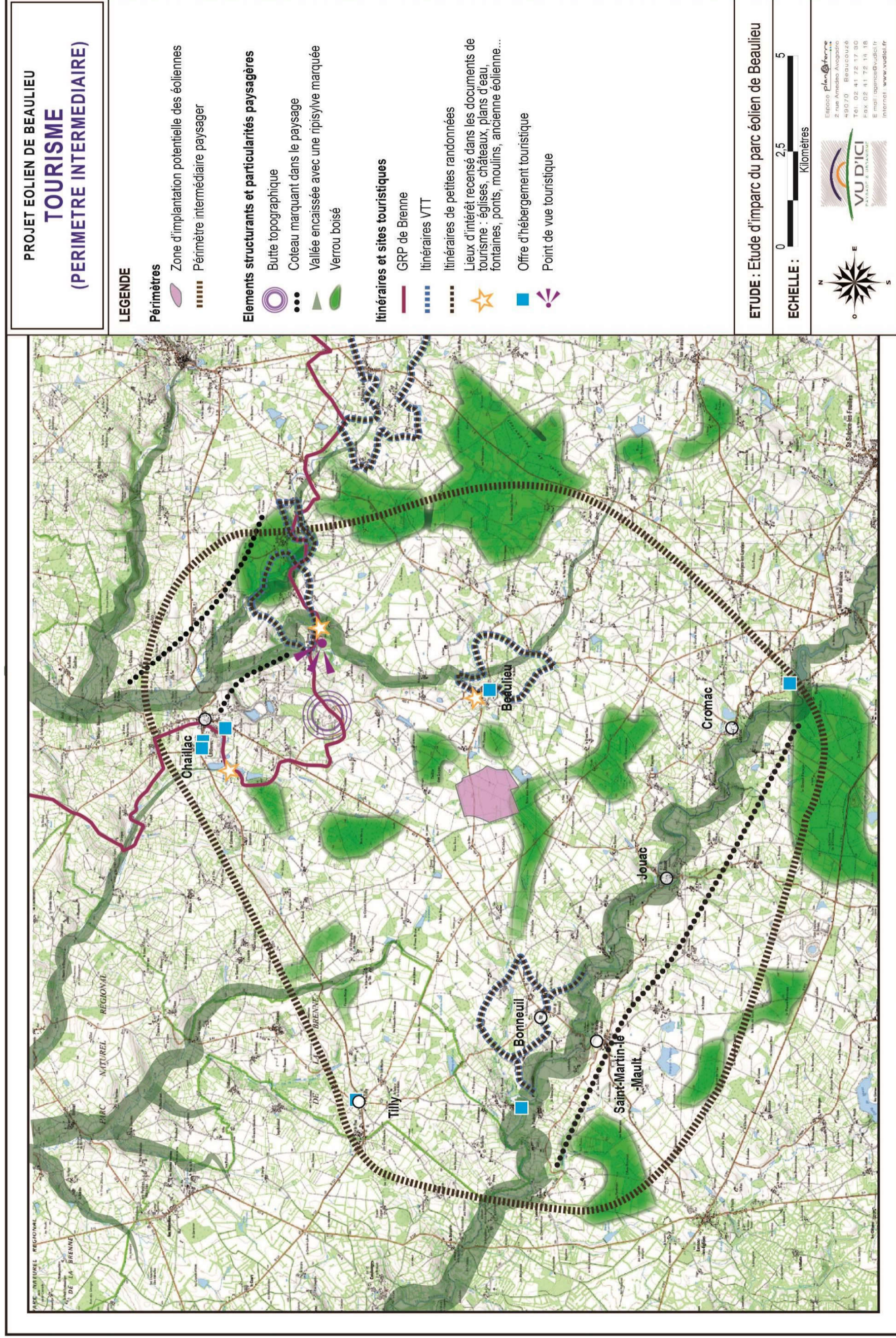


Figure 66 : Contexte touristique au niveau du périmètre intermédiaire

Tableau 31 : Analyse des édifices protégés dans le périmètre intermédiaire

Numéro	Nom	Analyse du patrimoine				Analyse par périmètre (emboîtement d'échelle)		Sensibilité
		Echelle(s) d'analyse	Distance à la ZIP (Km)	Place dans paysage	Visibilité dans le paysage	Périmètre éloigné	Périmètre Intermédiaire	
1	Prieuré St-Nicolas de Beaulieu	Rapproché Intermédiaire Eloigné	1,47	Dans écrin paysager	Partiellement visible	vue en direction de la ZIP depuis un point de mise en scène de l'édifice	vue en direction de la ZIP depuis un endroit fréquenté à l'échelon local (départementale, bourg, lieu touristique, chemin de randonnée...)	covisibilité possible avec le projet depuis un point de vue significatif du périmètre intermédiaire ?
2	Eglise Saint-Sylvain de Chailiac	Intermédiaire Eloigné	4,55	Ouverture orientée	Peu visible	Pas de vue identifiée à cette échelle	Possible depuis la D29a, en entrée/sortie Nord du bourg	Sensibilité faible ou peu marquée, à affiner lors de l'étude du périmètre rapproché
3	Château, Domaine de Lassaux	Intermédiaire Eloigné	4,77	Ouverture orientée	Peu visible	Possible covisibilité depuis la place de l'église, en hauteur	Possible depuis la place de l'église, en hauteur	Sensibilité moyenne
4	Logis seigneurial (colombier)	Intermédiaire Eloigné	4,61	Ouverture orientée	Peu visible	Possible covisibilité depuis le coteau Sud de l'Anglin et depuis la D24, en contrebas du coteau de la vallée de la Benaise	Possible depuis le coteau Sud de l'Anglin et depuis la D24, en contrebas du coteau de la vallée de la Benaise	Sensibilité moyenne
5	Eglise paroissiale Notre-Dame de Tilly	Intermédiaire Eloigné	5,83	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la RD36, en entrée de bourg à l'Ouest	Possible depuis la RD121, en entrée de bourg à l'Ouest	Sensibilité moyenne
6	Eglise Saint-Pierre de Chailiac	Intermédiaire Eloigné	5,17	Dans écrin paysager	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis la D29, en entrée/sortie Nord du bourg de Chailiac	Possible depuis la D29, en entrée/sortie Nord du bourg de Chailiac	Sensibilité moyenne
7	Maison forte de la Grange Missé	Intermédiaire Eloigné	4,92	Dans écrin paysager	Peu visible	Possible covisibilité avec le monument depuis la D381 et depuis l'accès au hameau de la Grange Missé	-	Sensibilité moyenne
8	Restes du château de Brosse	Eloigné	3,79	Dans écrin paysager	Peu visible	Possible covisibilité depuis le monument et avec le monument depuis les abords du hameau de la Grange Missé	Possible depuis le monument et depuis les abords du hameau de la Grange Missé	Sensibilité forte
A	Butte, hameau, château de Brosse et leurs abords	Intermédiaire Eloigné	2,56	Ouverture orientée	Partiellement visible	Possible covisibilité depuis le château de Brosse, depuis le site, depuis l'accès au hameau de la Grange Missé	Depuis le château de Brosse, depuis les abords du hameau de la Grange Missé et depuis la limite du site	Sensibilité forte

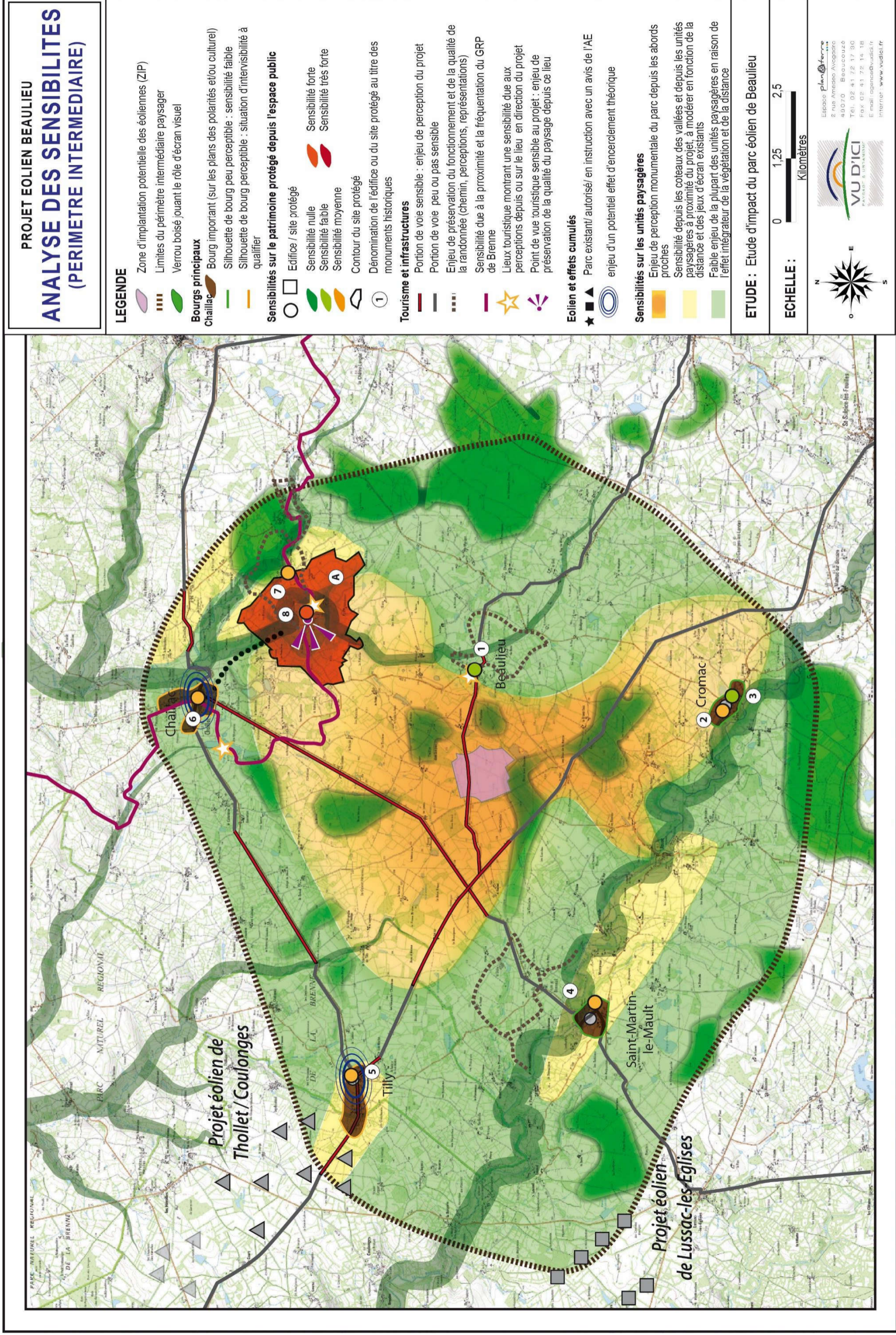


Figure 67 : Analyse des sensibilités du périmètre intermédiaire paysager

II.4.2.3. Bilan de l'analyse paysagère du périmètre rapproché paysager

A l'échelle du périmètre rapproché, le bocage montre des différences d'organisation qui vont influencer sur la manière de percevoir le projet.

Le bourg de Beaulieu montre peu de sensibilité quant à l'implantation d'un parc éolien, en raison de la densité du bocage, de la topographie intégratrice de fond de vallon à l'Est et de la fermeture des voies qui donnent accès au bourg à l'Ouest.



Figure 68 : Bocage dense autour du projet

En revanche, la perception depuis les hameaux proches devra faire l'objet d'une attention particulière en raison de l'ouverture des paysages, en particulier les lieux-dits des Loges, des Landes, du Beau et des Chardons. A cette échelle et du fait de la présence d'une trame végétale fournie sur le secteur (boisement et haies), il est possible de proposer des mesures d'accompagnement par plantation par exemple, si les impacts sont avérés.

Les perceptions depuis les axes routiers principaux présentent un enjeu fort dans la mesure où ces voies de fréquentation encadrent et traversent de part en part la zone de projet. Plus confidentielles, les dessertes ne présentent qu'un enjeu faible de visibilité sur le parc éolien, si ce n'est qu'une attention sur la localisation des chemins d'accès et la bonne conservation des haies devra être portée sur le dimensionnement du projet.



Figure 69 : La D29, un couloir visuel entre deux boisements

La zone d'implantation potentielle des éoliennes est proche d'un itinéraire de randonnée qui ne présente globalement que peu d'enjeux, puisque situé en fond de vallée, à l'Est du bourg de Beaulieu. De même, le seul gîte recensé sur le périmètre d'étude rapproché ne montre pas de grande sensibilité, au regard du contexte bâti et bocager environnant.

Seul édifice présent sur ce périmètre, situé dans le centre-bourg de Beaulieu, le **prieuré Saint-Nicolas [1]** ne présente qu'un faible enjeu de visibilité au regard du contexte environnant. Toutefois, l'ouverture ponctuelle du bocage depuis l'entrée de bourg Nord notamment, peut amener une lecture dans un même champ visuel de son petit clocher et des éoliennes.

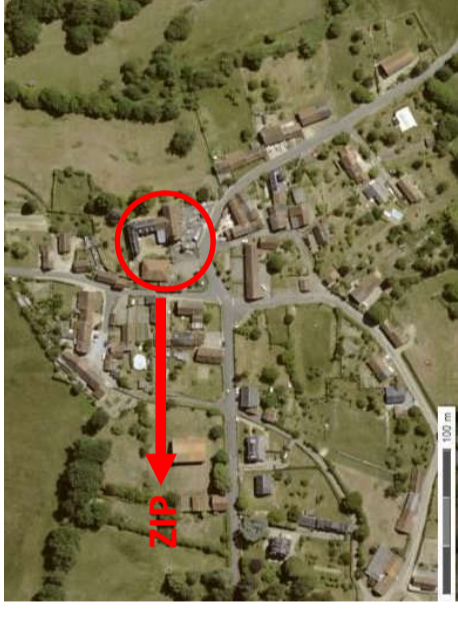


Figure 70 : Contexte paysager du prieuré de Beaulieu et une ouverture visuelle depuis le monument à l'opposé de la ZIP



Figure 71 : Chemin creux bordant la zone d'implantation potentielle

Enfin, les parcelles existantes sont encadrées par des chemins bordés de haies arborées et par des boisements, dont les dynamiques semblent rester stables. Au sein des parcelles, le bocage est beaucoup plus éparé et transparent, constitué majoritairement d'arbres isolés et de petits linéaires de haies arbustives. Le dessin du projet, et notamment des chemins d'accès aux éoliennes, devra permettre la conservation des structures les mieux préservées et éventuellement la recombinaison d'un maillage cohérent avec l'existant.

SYNTHESE :

Les paysages du territoire d'étude sont des déclinaisons d'un bocage dense recouvrant l'ensemble des secteurs de plateau cristallin, caractérisant des ambiances verdoyantes et essentiellement végétales. Les vues y sont majoritairement fermées et le regard porte rarement dans le lointain, hormis sur quelques secteurs où la maille bocagère a été élargie. Quelques vallées encaissées dégagent des ambiances plus spécifiques, liées généralement à l'implantation de bourgs compacts dont la forme et les ambiances sont restées très traditionnelles.

La majorité du patrimoine présente une sensibilité modérée liée à la fermeture du paysage environnant. Quelques éléments présentent cependant un enjeu plus important du fait de leur exposition visuelle directe : le site classé de la butte, du hameau et du château de la Brosse ou encore le logis seigneurial de Saint-Martin-le-Mault en sont les deux principaux exemples.

Au regard de ces critères, le paysage présente une sensibilité faible sur l'ensemble du territoire d'étude, mais certains points patrimoniaux doivent être considérés avec vigilance.

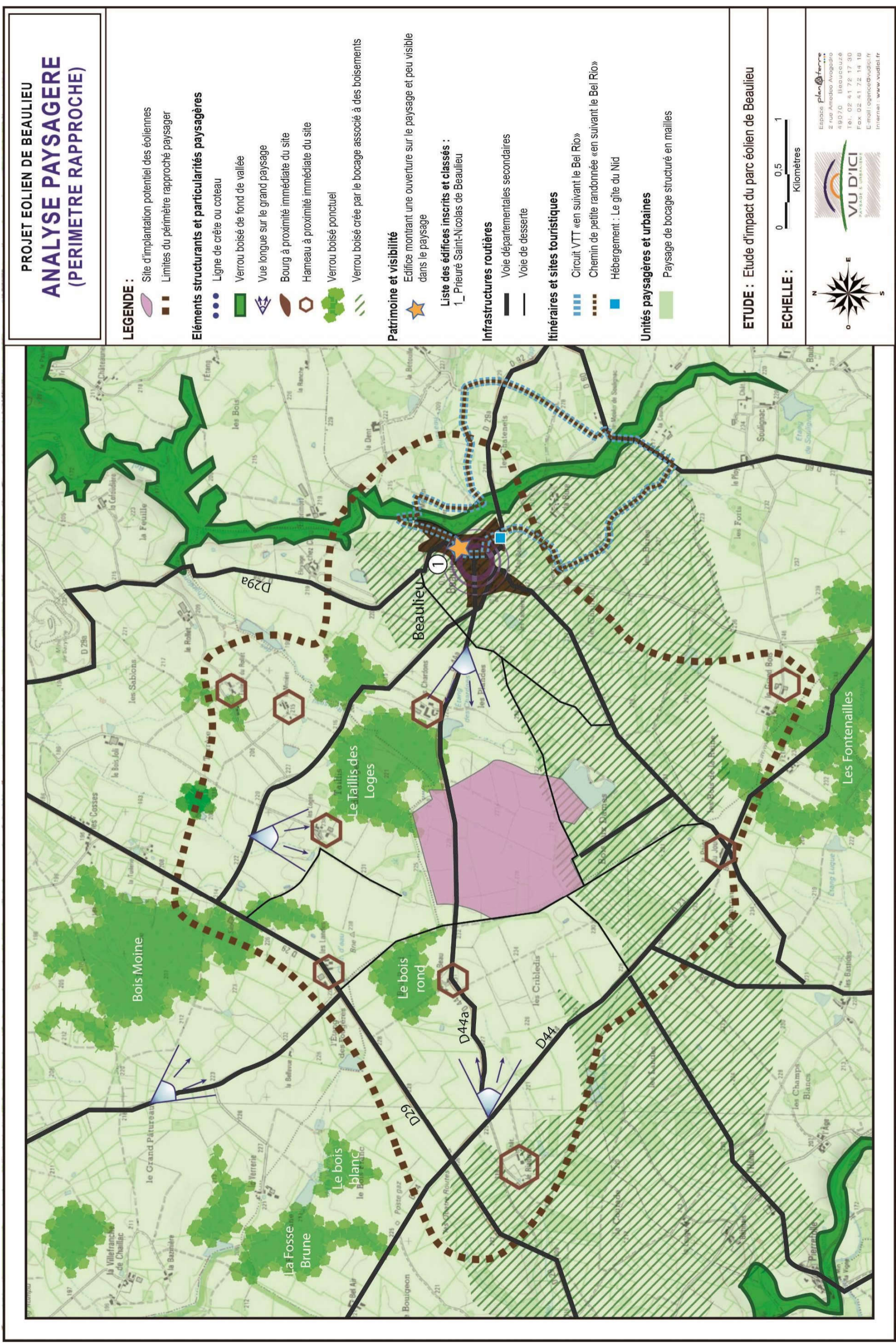


Figure 72 : Analyse paysagère du périmètre rapproché

Tableau 32 : Analyse des édifices protégés dans le périmètre rapproché

Désignation des éléments protégés		Analyse du patrimoine			Analyse par périmètre (emboîtement d'échelle)			Enjeux final	
		Echelle(s) d'analyse	Place dans paysage (covisibilité depuis l'édifice)	Visibilité dans le paysage (covisibilité avec l'édifice depuis un point de vue tiers)	Périmètre éloigné	Périmètre Intermédiaire	Périmètre rapproché		
1	Prieuré St-Nicolas de Beaulieu	rapproché intermédiaire éloigné	Dans écran paysager	Partiellement visible	pas de vue identifiée à cette échelle	possible depuis la D29a, en entrée/sortie Nord du bourg	vue en direction de la ZIP depuis un endroit fréquenté à l'échelon local (départementale, bourg, lieu touristique, chemin de randonnée...)	vue en direction de la ZIP depuis un lieu accessible (voie rurale ou chemin, voie d'accès...)	<p>covisibilité possible avec le projet depuis un point de vue significatif du périmètre rapproché ?</p> <p>Sensibilité moyenne</p>

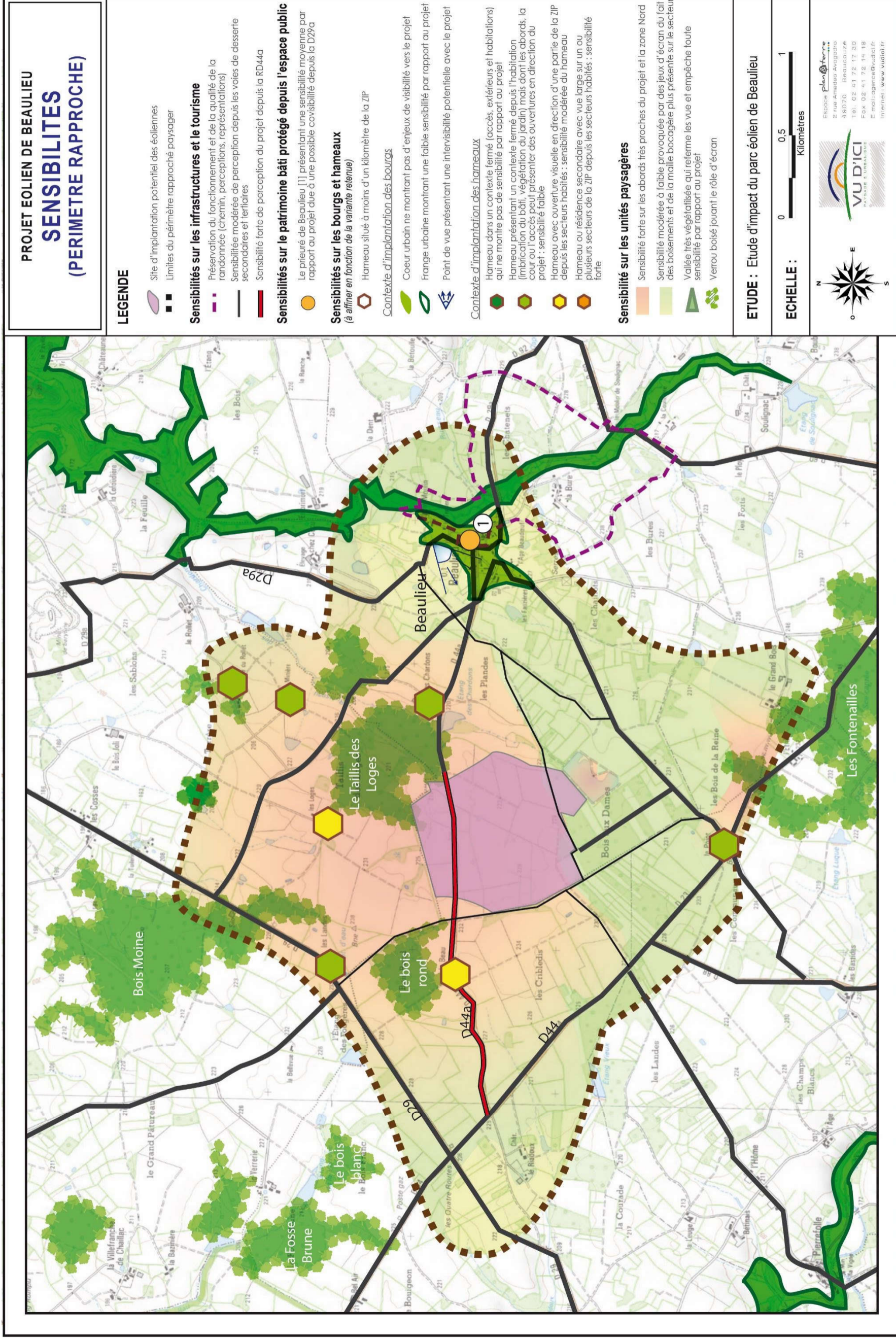


Figure 73 : Analyse des sensibilités paysagères à l'échelle du périmètre rapproché



Les tableaux pages suivantes permettent de faire la synthèse des enjeux recensés dans l'état initial.

Tableau 33 : Synthèse des enjeux paysagers

PAYSAGE						Analyse des impacts	
Enjeux et sensibilités recensés dans l'état initial						Etude par photomontage	
Nom	Type	Périmètre	Sensibilité				
Le paysage de bocage en mailles lâches	Unité paysagère	Rapproché Intermédiaire Eloigné	Sensibilité faible à forte			oui	
Le paysage des vallées encaissées du Boischaud Sud	Unité paysagère	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité faible à modérée			oui	
Le paysage fermé des terres froides	Unité paysagère	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité faible à modérée			oui	
Les basses marches limousines micro-boisées	Unité paysagère	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité faible à modérée			oui	
la butte du hameau et château de Brosse	Belvédère/ Tourisme	Intermédiaire	Sensibilité forte			oui	
la butte de l'ancienne carrière et parc photovoltaïque	Belvédère	Rapproché Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Coteaux Nord de la vallée de l'Anglin	Structure paysagère	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Coteaux Sud de la Vallée de la <u>Bengize</u>	Structure paysagère	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Paysage de brande autour de Lussac-les-Eglises	Particularité paysagère	Eloigné	Pas de sensibilité			-	
PATRIMOINE						Analyse des impacts	
Enjeux et sensibilités recensés dans l'état initial						Etude par photomontage	
Nom	Type	Périmètre	Sensibilité				
Prieuré St-Nicolas de Beaulieu (1)	Monument historique	Rapproché Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Eglise Saint-Sylvain de <u>Cromac</u> (2)	Monument historique	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Château, Domaine de <u>Lascaux</u> (3)	Monument historique	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité faible			oui	
Logis seigneurial (colombier) (4)	Monument historique	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Eglise paroissiale Notre-Dame de Tilly (5)	Monument historique	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Eglise Saint-Pierre de <u>Chaillac</u> (6)	Monument historique	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Maison forte de la Grange <u>Missé</u> (7)	Monument historique	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité moyenne			oui	
Restes du château de Brosse (8)	Monument historique	Intermédiaire Eloigné	Sensibilité forte			oui	
Dolmen dit des Bras (9)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité			-	
Chapelle château <u>Montjouan</u> (10)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité			-	
Eglise Saint-Georges (11)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante			oui	
Eglise Saint-Pierre de <u>Mouhet</u> (12)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité			-	
Eglise Saint-Martin (13)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité			-	



Nom	Type	Périmètre	Enjeux et sensibilités recensés dans l'état initial	Sensibilité	Analyse des impacts
Eglise Saint-Sulpice de Roussines (14)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Dolmen de Passe-Bonneau (15)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Dolmen dit des Corces ou de Montgarnaud (16)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Maison de l'Argentier (17)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Dolmen de l'Aire-aux-Maitres (18)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Château de Montgarnaud (19)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Prieuré St-Benoît (20)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité moyenne	oui	
Chaussée de l'étang (21)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Eglise Saint-Benoît (22)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité moyenne	oui	
Eglise Saint-Martial de Dynet (23)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Chapelle de Vouhet (24)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Eglise Saint-Martin de Prissac (25)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Château Guillaume (26)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Château du Pin (27)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Eglise de Cuglonges (28)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Eglise Notre-Dame (29)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Eglise Saint-Hilaire de Briquait-le-Chantre (30)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Colombier du château de la Tour aux Paulines (31)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Château de la Mothe (32)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Polissoir dit Le Poulvan-de-Séjotte (33)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Eglise de Saint-Léger-Magnazeix (34)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Cellegrandmontaine des Bronzeaux (35)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Enceinte quadrilatère (36)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Dolmen dit de la Pierre Levée au Bois de Bouéty (37)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Dolmen de L'Héritière (38)	Monument historique	Eloigné	Pas de sensibilité	-	
Eglise Saint-Martial d'Arnac-la-Poste (39)	Monument historique	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Butte, hameau, château de Brosse et leurs abords (A)	Site protégé	Intermédiaire	Sensibilité forte	oui	
Vieux village de Saint-Benoît-du-Sault (B)	Site protégé	Eloigné	Sensibilité moyenne	oui	
ZPPAUP de Saint-Benoît-du-Sault (C)	ZPPAUP	Eloigné	Sensibilité moyenne	oui	
LIEUX VISITES ET FREQUENTES					
			Enjeux et sensibilités recensés dans l'état initial	Analyse des impacts	
Nom	Type	Périmètre		Sensibilité	Etude par photomontage
PNR de Brenne	Protection/Tourisme	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Saint-Benoît-du-Sault	Bourg	Eloigné	Sensibilité moyenne	oui	
L'A20	Infrastructure	Eloigné	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	
Chaillac	Bourg	Intermédiaire	Sensibilité moyenne	oui	
Tilly	Bourg	Intermédiaire	Sensibilité moyenne	oui	
D29	Infrastructure	Intermédiaire Rapproché	Sensibilité moyenne	oui	
D29 a	Infrastructure	Intermédiaire Rapproché	Sensibilité moyenne	oui	
D36	Infrastructure	Intermédiaire	Sensibilité moyenne mais localisée	oui	
D44	Infrastructure	Intermédiaire	Sensibilité moyenne	oui	
D44a	Infrastructure	Rapproché Intermédiaire	Sensibilité modérée à forte	oui	
le GRP de Brenne	Tourisme	Intermédiaire	Sensibilité moyenne	oui	
la base de loisirs de Chaillac	Tourisme	Intermédiaire	Sensibilité faible ou peu marquante	oui	



la butte du hameau et château de Brosse	Belvédère/ Tourisme	Intermédiaire	Sensibilité forte	oui
LIEUX HABITES ET PERCEPTIONS QUOTIDIENNES				
Enjeux et sensibilités recensés dans l'état initial				
Nom	Type	Périmètre	Sensibilité	Etude par photomontage
Beaulieu	Bourg	Rapproché	Sensibilité faible ou peu marquante	oui
Petits chemins de randonnée du Bel Rio	Tourisme	Rapproché	Sensibilité faible ou peu marquante	oui
D44a	Infrastructure	Rapproché	Sensibilité forte	oui
Les Chardons	Hameau	Rapproché	Sensibilité faible ou peu marquante	oui
Les Loges	Hameau	Rapproché	Sensibilité moyenne	oui
La Minière	Hameau	Rapproché	Sensibilité faible ou peu marquante	oui
La Tuilerie du <u>Rolliet</u>	Hameau	Rapproché	Sensibilité faible ou peu marquante	oui
Les Landes	Hameau	Rapproché	Sensibilité faible ou peu marquante	oui
Le Beau	Hameau	Rapproché	Sensibilité moyenne	oui
Le Point du Jour	Hameau	Rapproché	Sensibilité faible ou peu marquante	oui
PAYSAGE EOUIEN ET EFFETS CUMULES				
Enjeux et sensibilités recensés dans l'état initial				
Nom	Type	Périmètre	Sensibilité	Etude par photomontage
Lecture du projet	Composition du projet	Éloigné à rapproché	Modérée, car le projet est modérément exposé dans le paysage (environnement bocager qui referme les vues) ; Quelques points à forte sensibilité topographique (vallée, point haut...) ou patrimoniale au périmètre rapproché et intermédiaire	Tous
Effets cumulés	Effets cumulés entre parcs éoliens : cohérence d'ensemble	Éloigné à rapproché	Enjeu modéré : sensibilités théoriques quant à un effet d'encerclement repéré au niveau du bourg de Tilly et du colombier du logis seigneurial ; un potentiel effet de superposition entre le projet	oui

II.5. SYNTHÈSE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

MILIEU PHYSIQUE :

▪ CONTEXTE HYDROLOGIQUE :

Le site étudié semble particulièrement sensible du point de vue hydrologique compte tenu de la présence de plusieurs zones humides inventoriées au sein même de la ZIP, ainsi que d'un ruisseau temporaire prenant sa source au Nord de la ZIP. Cette sensibilité devra être étudiée plus finement lors de la définition des aménagements afin de protéger ces éléments d'intérêt.

La zone d'implantation potentielle n'est pas concernée par un captage AEP ou un périmètre de protection, et aucun ouvrage lié à l'exploitation de l'eau n'y est recensé.

▪ RISQUES NATURELS :

Le secteur du projet est peu soumis aux risques naturels. Les seuls risques potentiels identifiés sont génériques : inondations de nappe et tempête. Il s'agira toutefois de mettre en œuvre les garanties nécessaires à assurer la sécurité de l'installation projetée lors de sa conception et de son exploitation.

▪ AUTRES :

Le site se déploie dans un secteur à la topographie très peu marquée, à l'interface entre le relief plus prononcé du Massif Central au Sud et la zone plane humide de la Brenne au Nord. Par ailleurs, l'assise géologique et pédologique de la zone ne semble pas présenter de contraintes majeures, tout comme son climat de type tempéré.

MILIEU NATUREL

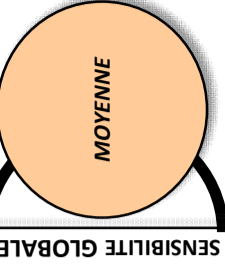
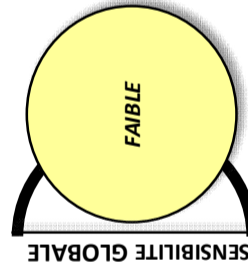
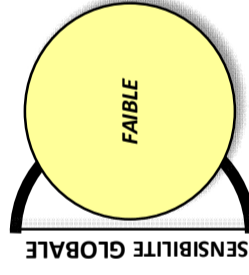
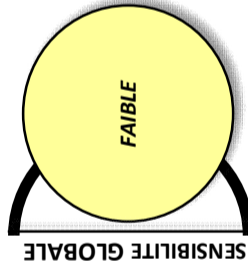
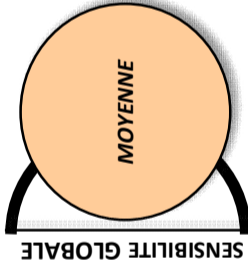
▪ FLORE ET HABITATS NATURELS :

Aucune espèce floristique protégée n'a été observée, en conséquence l'enjeu lié aux espèces floristiques est faible.

Si aucun habitat d'intérêt patrimonial n'a été localisé sur la ZIP, il convient néanmoins de noter que le site recèle de nombreuses zones humides au sens de l'arrêté du 23 juin 2008. Il convient de le préciser car, relativement à la nomenclature 3.3.1.0 de la loi sur l'eau, les projets impactant :

- moins de 1000 m² de zone humide ne sont soumis à aucun régime réglementaire,
- entre 1000 m² et 1ha de zone humide sont soumis à un régime déclaratif,
- plus de 1ha sont soumis à un régime d'autorisation.

Il ne s'agit là pas d'impacts rétroactifs, il appartiendra seulement au porteur de projet de compenser suivant les standards du SAGE les impacts liés à la fonctionnalité écologique et hydrologique de la zone.



▪ AVIFAUNE :
En ce qui concerne la migration, les enjeux semblent limités et liés à une migration diffuse. La relative proximité de la Brenne ne semble pas influencer le passage observé. En hivernage, le cortège présent est constitué d'espèces communes dont l'abondance est limitée sauf pour l'Étourneau sansonnet qui ponctuellement peut présenter une abondance forte.

En période de nidification, on notera la présence d'un cortège assez bien conservé avec la présence possible d'un couple de Courlis cendré, de quelques couples de Pie-grièche écorcheur.

Pour ce qui est de la sensibilité de ces espèces vis-à-vis de l'éolien, si celle-ci apparaît nulle à négligeable en phase exploitation, certaines espèces présentent une sensibilité marquée en phase travaux liés à un risque de dérangement et/ou destruction d'individus (Bruant proyer, Courlis cendré, Linotte mélodieuse, Pie-grièche écorcheur, Trocol fourmilier).

▪ CHIROPTÈRES :

Le peuplement chiroptérologique est diversifié avec une activité liée aux haies (omniprésentes sur la ZIP) aux prairies humides, aux mares. De plus, les haies offrent des potentialités de gîtes qu'il conviendrait de conserver. Les linéaires de haies devront être conservés tant pour ce qui est de la fonctionnalité écologique du site que de la conservation des gîtes à chiroptères potentiels.

En terme de sensibilités des espèces inventoriées, plusieurs espèces présentent un risque de collision estimé à fort sur le site (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Nathusius, Noctule de Leisler, Noctule commune) ou modéré (Vespère de Savi, Sérotine commune, Pipistrelle de Kuhl et Pipistrelle pygmée). Ainsi le site est concerné en grande partie par des zones à enjeux forts, et parfois modérés.

Par ailleurs, il convient de rappeler que, si le projet est situé sur une zone favorable du Schéma Régional Éolien (SRE), ce dernier demande à ce que les projets éoliens soient conçus avec une très grande attention pour l'environnement compte tenu notamment de la présence de sites d'intérêt communautaire pour les chauves-souris. L'éloignement préventif des éoliennes à au moins 150 mètres des zones attractives (lisières, haies, zones humides) est recommandé.

▪ AUTRE FAUNE :

La présence de nombreuses mares implique que soient mises en œuvre des mesures adaptées en phase travaux pour assurer la préservation d'individus d'espèces protégées (amphibiens). De plus il conviendra de conserver la fonctionnalité écologique des structures paysagères présentes. La présence du Damier de la Succise en marge de la ZIP nécessitera de s'assurer que les stations de plante hôte ne seront pas impactées par le projet.

▪ CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES :

D'après les données de cadrage disponibles, la commune de BEAULIEU semble abriter des continuités écologiques reposant sur les différents types de milieux naturels présents : boisements, bocage, milieux humides...

MILIEU HUMAIN :

▪ DEMOGRAPHIE/ACTIVITES :

Situé au carrefour des départements de l'Indre, de la Creuse et de la Haute-Vienne, le projet de parc éolien s'inscrit dans un secteur au caractère rural affirmé. La démographie y est décroissante et les densités de population faibles. L'activité principale du site reste l'agriculture, comme en témoigne les nombreuses parcelles cultivées qui occupent le site. On notera que la périphérie Sud de l'aire d'étude rapprochée est marquée par la présence de quelques boisements exploités. Aucun sentier de randonnées ne sillonne le site du projet.

▪ URBANISME :

Compte tenu de l'absence de document local d'urbanisme, c'est le Règlement National d'Urbanisme (RNU) qui fixe le cadre de l'urbanisation sur cette commune. Ainsi la construction d'éoliennes est autorisée à condition qu'elle respecte les règles générales du Code de l'Urbanisme (salubrité publique, bruit, paysage...). La prise en compte des habitations situées à proximité dans la définition initiale du périmètre de la ZIP permet quant à elle de garantir le respect de la contrainte réglementaire d'éloignement de 500m.

▪ SERVITUDES :

Les servitudes techniques se font rares sur la zone même du projet puisque seule la présence d'une route départementale induit une distance de recul à respecter de part et d'autre de cet axe (180m).

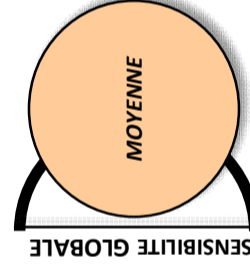
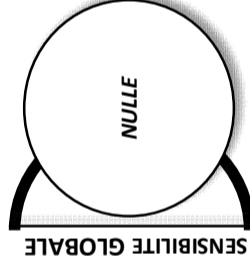
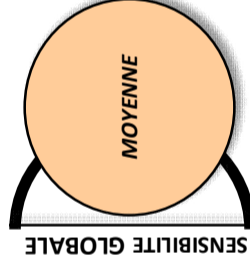
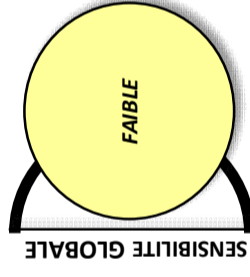
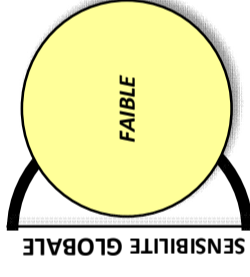
▪ RISQUES TECHNOLOGIQUES ET SITES POLLUES :

Les risques technologiques sont absents de la zone d'implantation du projet, tout comme les sites pollués.

▪ ENVIRONNEMENT SONORE :

L'état acoustique initial du site du projet a été apprécié grâce à la réalisation d'une campagne de mesures acoustiques effectuée du 2 au 17 mars 2016. Cette dernière, basée sur 6 points de mesure répartis sur le pourtour du site, a permis de s'apercevoir que l'ambiance sonore était influencée de la présence d'axes routiers, de bruits naturels (végétation) et de bruits d'activités humaines. Trois classes homogènes de vent seront étudiées :

- la classe 1 : période diurne - Vent Sud-Ouest,
- la classe 2 : période diurne – vent Nord-Est,
- la classe 3 : période nocturne – toutes directions.



PAYSAGE ET PATRIMOINE

▪ PATRIMOINE ARCHEOLOGIQUE :

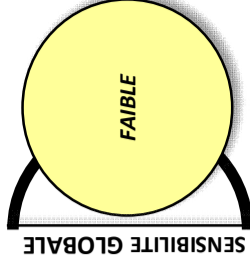
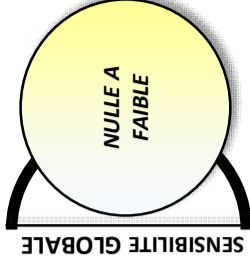
La zone d'implantation du projet et ses abords immédiats sont peu contraints par la présence de patrimoine culturel. En effet on ne recense aucun monument historique, site classé/inscrit ou ZPPAUP au sein de la zone d'implantation potentielle ou de l'aire d'étude rapprochée. Pour ce qui est des zonages archéologiques, le site présente une sensibilité limitée voire nulle : aucun site n'est localisé sur la ZIP.

▪ PAYSAGE ET PATRIMOINE :

Les paysages du territoire d'étude sont des déclinaisons d'un bocage dense recouvrant l'ensemble des secteurs de plateau cristallin, caractérisant des ambiances verdoyantes et essentiellement végétales. Les vues y sont majoritairement fermées et le regard porte rarement dans le lointain, hormis sur quelques secteurs où la maille bocagère a été élargie. Quelques vallées encaissées dégagent des ambiances plus spécifiques, liées généralement à l'implantation de bourgs compacts dont la forme et les ambiances sont restées très traditionnelles.

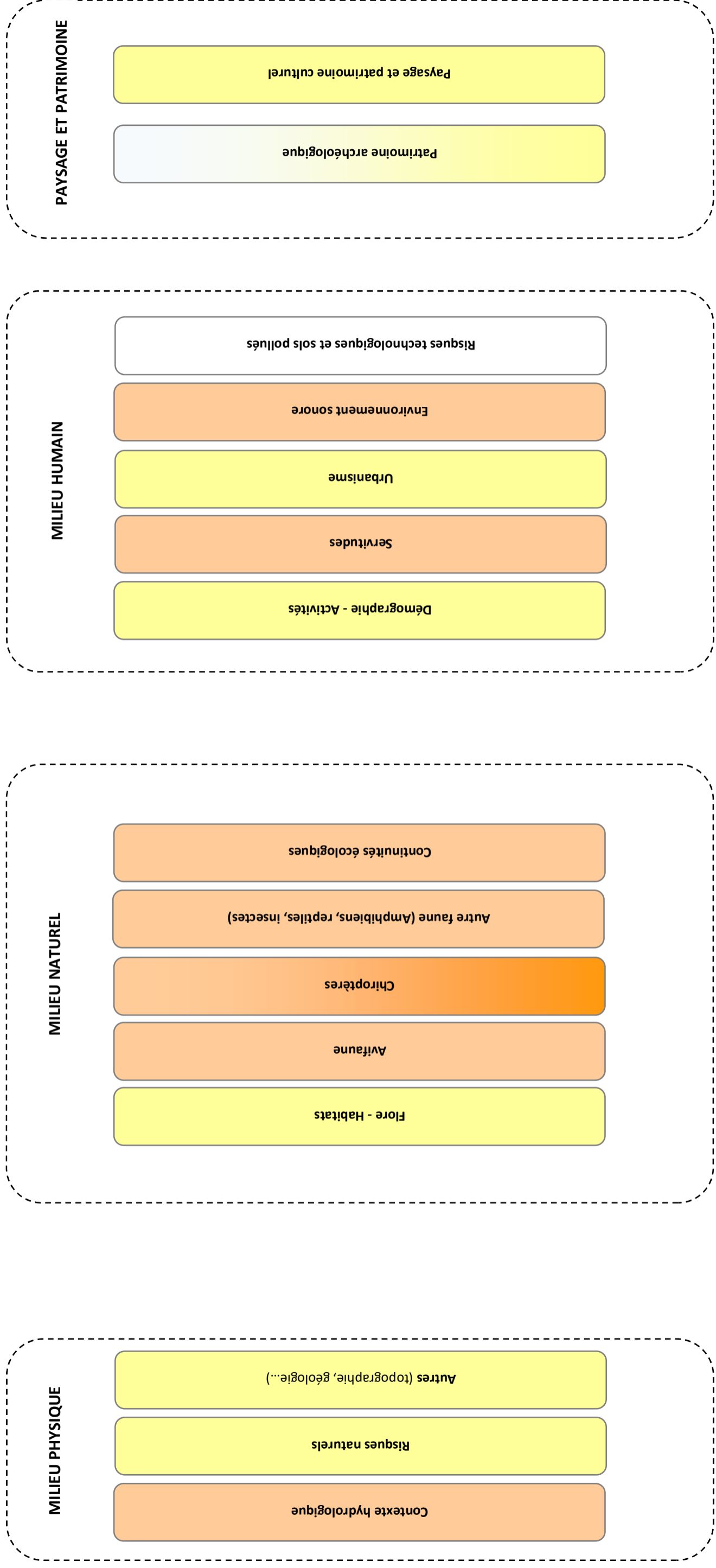
La majorité du patrimoine présente une sensibilité modérée liée à la fermeture du paysage environnant. Quelques éléments présentent cependant un enjeu plus important du fait de leur exposition visuelle directe : le site classé de la butte, du hameau et du château de la Brosse ou encore le logis seigneurial de Saint-Martin-le-Mault en sont les deux principaux exemples.

Au regard de ces critères, le paysage présente une sensibilité faible sur l'ensemble du territoire d'étude, mais certains points patrimoniaux doivent être considérés avec vigilance.





CONCLUSION / SYNTHÈSE :



Graduation des sensibilités globales :



III. PRESENTATION DU PROJET

III.1. JUSTIFICATION DU SITE DU PROJET

Comme cela a été rappelé au sein de la « Pièce n°3 : Description de la demande » jointe à la présente autorisation unique, face à la raréfaction des énergies fossiles et au phénomène de changement climatique, la France a fait le choix de fixer des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables. L'éolien occupe une part importante de ce bouquet énergétique futur avec un seuil à atteindre de 19 000 MW installé sur le territoire français à l'horizon 2020. Le projet de **parc éolien BEAULIEU** s'inscrit dans cet objectif en proposant l'installation de plusieurs éoliennes permettant la production d'une énergie locale et durable.

Le site de BEAULIEU a été sélectionné pour ce projet pour plusieurs raisons :

- ✓ **Une zone favorable du SRE :**

La zone du projet se trouve située dans une zone identifiée comme favorable par le Schéma Régional Eolien de la Région Centre (Zone n°13 Boischaud méridional).



Figure 74 : Zone favorable du SRE (Source : SRE Région Centre)

- ✓ **La présence d'une zone éloignée de toute habitation :**

La zone du projet est constituée principalement de champs et de boisements éloignés des habitations et zones d'habitation, comme l'impose la réglementation (minimum 500 mètres).

- ✓ **Un gisement de vent intéressant :**

Si la région Centre Val de Loire ne figure pas comme la région la plus ventée de France, le gisement éolien y est tout de même bien présent comme en témoigne les cartes présentées ci-après. Par ailleurs il convient de noter que les améliorations technologiques constantes des éoliennes permettent de capter de mieux en mieux les gisements de vent et d'optimiser la production d'énergie renouvelable.

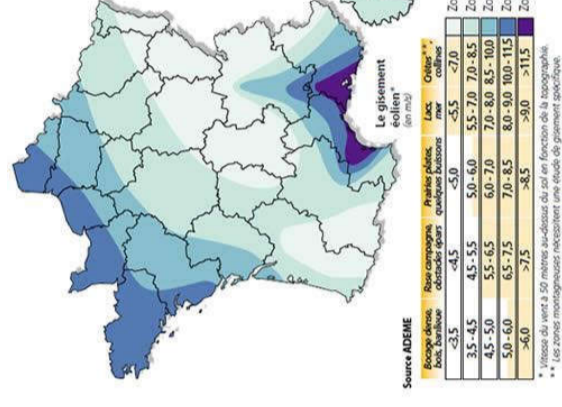
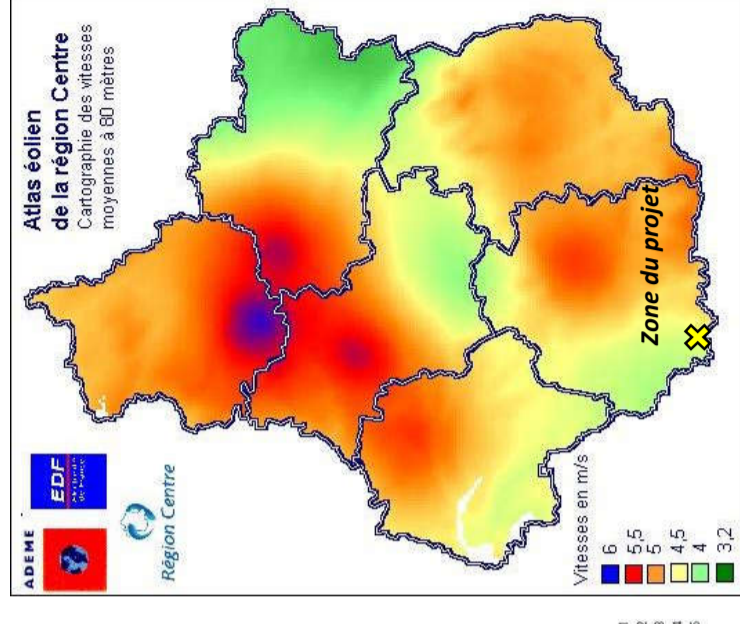


Figure 75 : Potentiel éolien en France et en Loire-Atlantique (Source : ADEME)

- ✓ **Un raccordement électrique aisé**

Le projet de parc éolien se trouve non loin du poste électrique de SAINT-LEGER MAGNAZEIX sur la région voisine du Limousin permettant un raccordement électrique du projet éolien en accord avec les éléments du Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3REnR).

III.2. JUSTIFICATION DU PROJET RETENU

III.2.1. JUSTIFICATION DU CHOIX DU PROJET : ANALYSE DES VARIANTES

III.2.1.1. Présentation des variantes

L'insertion d'un nouvel élément paysager doit répondre à une stratégie de composition d'un nouveau paysage. Une attention particulière a été apportée lors de l'élaboration des variantes d'implantation du projet. Ainsi, trois variantes ont été élaborées. Elles répondent à la volonté d'exploiter au mieux les potentialités énergétiques de la zone tout en tenant compte des diverses contraintes environnementales, acoustiques et foncières.

Variante 2 :

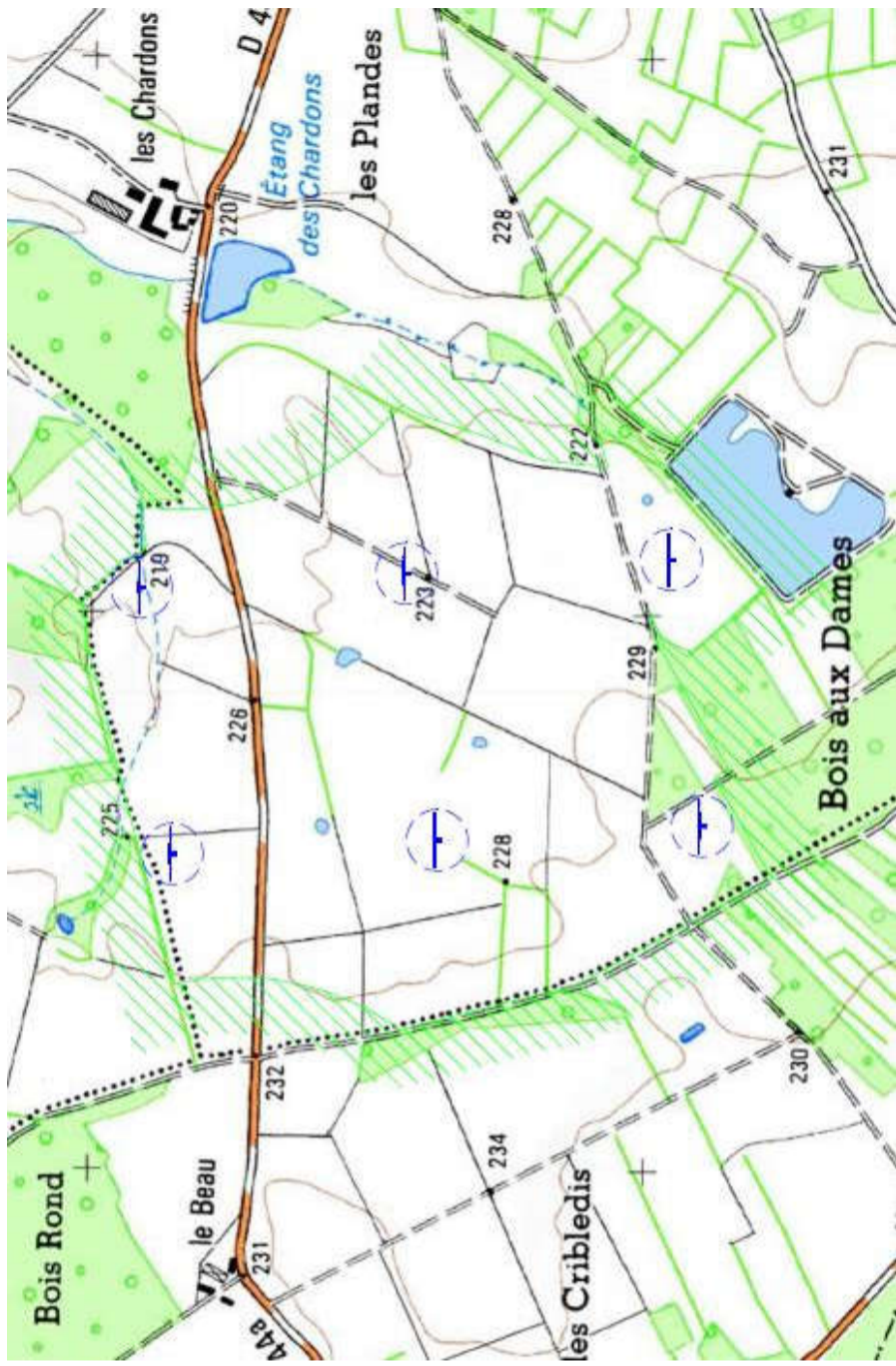


Figure 77 : Implantation du parc éolien BEAULIEU - Variante 2

La variante 2 s'appuie sur la constitution de deux lignes Nord/Sud, contenant chacune 3 éoliennes. Les machines sont relativement équidistantes les unes des autres et dessinent un projet plus équilibré que le précédent. La deuxième variante prend en compte les contraintes techniques du site (éloignement à la RD) tout en recherchant une formation sur deux lignes parallèles.

Variante 1 :



Figure 76 : Implantation du parc éolien BEAULIEU - Variante 1

La première variante du projet cherche à maximiser le nombre d'éoliennes au sein de la zone d'implantation potentielle. L'objectif recherché est ici d'optimiser l'espace et la production d'électricité avec une certaine géométrie globale. Huit éoliennes réparties sur 3 lignes sont prévues.

Huit éoliennes sont ainsi réparties sur un quadrillage découpant trois lignes Est/Ouest. Les éoliennes sont relativement équidistantes entre elles mais une machine « manque » faute de place pour équilibrer complètement cette variante.

Variante 3 :

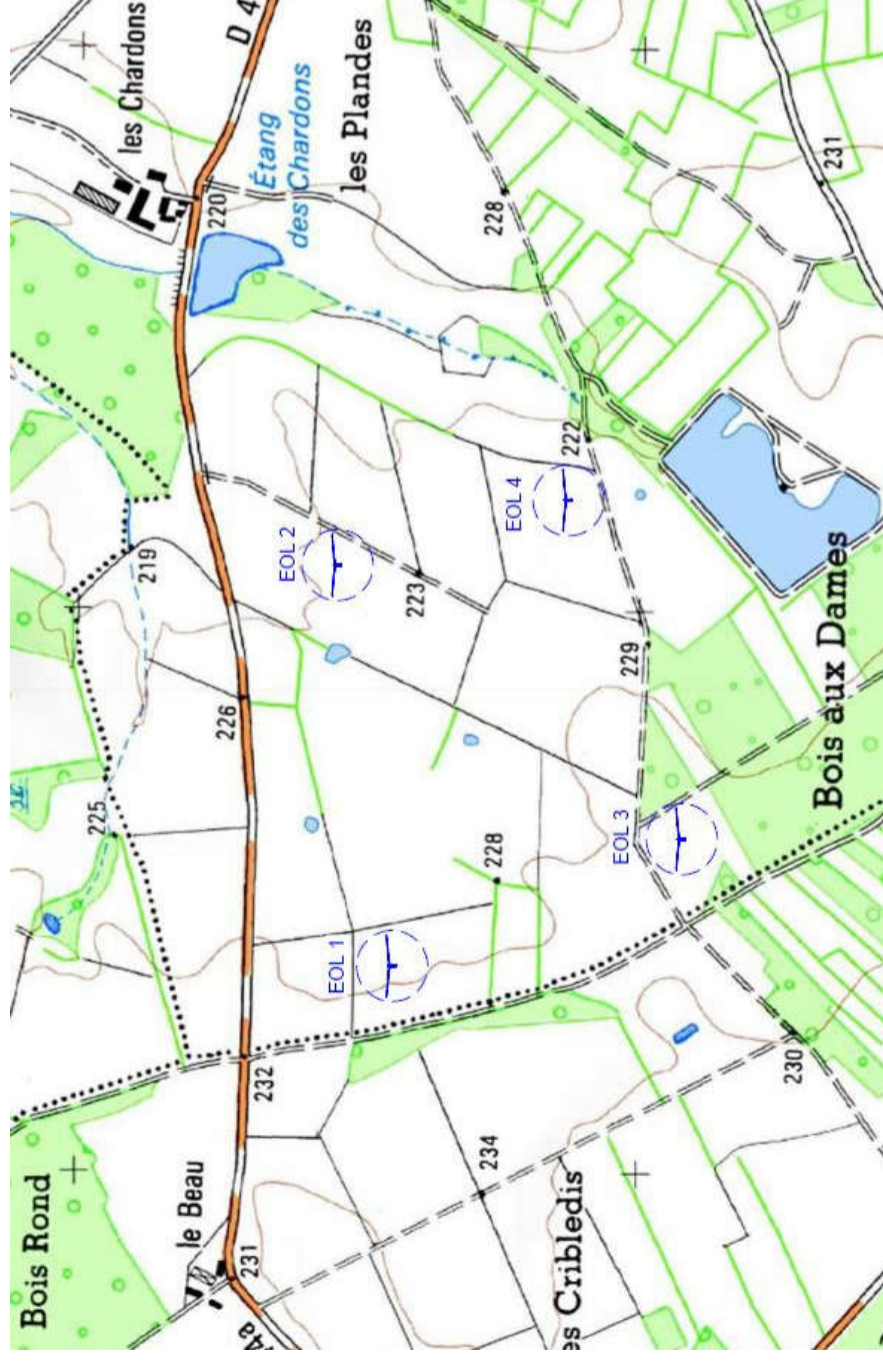


Figure 78 : Implantation du parc éolien BEAULIEU - Variante 3

Le dernier scénario propose de réduire le nombre d'éoliennes à 4 machines tout en augmentant leur puissance unitaire (> 3MW) ainsi que leur hauteur totale à 180m (contre 150m pour les deux variantes précédentes). Le but ici recherché est de réduire l'emprise du projet afin de limiter les impacts sur les zones humides notamment, mais tout en garantissant une bonne exploitation du gisement local de vent. La forme retenue s'apparente à une double ligne de deux éoliennes.

III.2.1.2. Analyse des variantes

- **Sur le plan physique**

Les critères d'analyse spécifiques au milieu physique restent principalement liés à l'aspect hydrologique. En termes de localisation, il apparaît clairement que les variantes 1 et 2 positionnent une éolienne à proximité immédiate du cours d'eau passant au Nord du site, avec de potentiels effets sur ce dernier induit par les travaux et aménagements annexes. La variante 3 place en revanche ses éoliennes en retrait du réseau hydrographique. Il peut aussi être avancé le fait que l'implantation d'un nombre réduit de machine réduit d'autant les surfaces à artificialiser et donc les éventuelles perturbations hydrologiques. Pour ce qui est des zones humides, 4 des 8 éoliennes de la variante 1 et 5 des 6 éoliennes de la variante 2 sont localisées au sein de ces zones sensibles. Pour la variante 3, seule 1 des 4 éoliennes prévues est implantée sur une prairie temporaire humide.

Sous cette thématique, l'aspect climatique peut aussi être abordé. En effet, la mise en place des éoliennes a pour finalité de produire de l'énergie renouvelable. Cette forme d'énergie, en se substituant à d'autres sources fossiles, doit contribuer à la baisse des émissions de GES qui sont responsables du phénomène de changement climatique. Il convient de noter que ce phénomène physique a aussi des conséquences multiples : environnement, activités humaines, risques...

Les variantes ne disposant pas toutes du même nombre d'éoliennes, elles ne présentent pas le même potentiel de lutte contre le réchauffement climatique. Avec deux aérogénérateurs de plus que la variante 2, la première variante devrait en effet disposer d'une production énergétique plus importante et donc d'une économie de GES plus conséquente. La variante 3 possède un nombre d'éolienne encore plus réduit, mais leurs puissances unitaires supérieures devraient lui permettre de rivaliser avec la variante 2. Cette première approche simplifiée doit toutefois être nuancée par le fait que des effets « de sillage », à l'origine de turbulences et d'un ralentissement des vents, se retrouvent à l'arrière des éoliennes. Suivant l'implantation définie, ces perturbations peuvent alors réduire la production des éoliennes situées « à l'arrière » et diminuer leur rendement énergétique.

- **Sur le plan environnemental**

Voici les principales caractéristiques d'implantation des variantes :

- La variante 1 comporte 8 éoliennes dont 5 localisées sur des parcelles cultivées, et 3 sur une pâture.
- La variante 2 comporte 6 éoliennes dont 5 localisées sur des parcelles cultivées, et 1 sur une pâture.
- La variante 3 comporte 4 éoliennes toutes localisées sur des parcelles cultivées.

Globalement il apparaît, vu la petite taille du site, que le principal aspect permettant de discriminer la variante de moindre impact tient essentiellement aux éléments suivants :

- nombre d'éoliennes,
- occupation du sol sur les zones d'implantation.

Sur la base de ces critères il apparaît que la variante 3, qui propose le moins d'éoliennes sur la zone, est également la seule variante qui ne propose que des éoliennes en zone de culture avec une seule dans une parcelle où le sol présente des traces d'oxydoréduction marquant la présence de zone humide.

Pour ce qui concerne la distance des éoliennes vis-à-vis des haies (critère discriminant pour l'évaluation de l'impact sur les chiroptères), compte tenu de la présence de linéaires boisés relativement nombreux sur la ZIP, il apparaît impossible quelle que soit la variante de respecter une distance minimum éoliennes/haies (qu'il s'agisse de celle notée dans le SRE ou celle d'Eurobat). On notera que la variante 3 intègre la nécessité de s'éloigner au maximum des linéaires boisés et de réduire au maximum la coupe de haie favorable aux chiroptères ou à défaut de limiter le nombre d'éoliennes à proximité des linéaires en proposant une implantation réduite et optimisée tant pour la distance aux haies que pour les aménagements (coupe de haies) indispensables à la réalisation des accès. En effet, si l'on calcule la distance d'implantation à la première haie de chaque variante, on constate que la variante 3 propose la distance moyenne la plus importante. Le fait qu'en outre l'écart type soit le plus faible, montre que la dispersion à la moyenne est bien plus réduite indiquant une distance aux haies plus homogène pour cette variante.

De ce fait, il apparaît que la variante de moindre impact est bien celle qui a été retenue : la variante 3, quel que soit le compartiment considéré de la biocénose (zones humides, distance aux haies pour les chiroptères etc ...).

- **Sur le plan humain (activités, urbanisme, environnement sonore)**

En termes de perturbations des activités humaines et notamment de l'agriculture, principale activité recensée sur la zone du projet, la seule différence majeure entre les variantes porte sur les superficies de chemins et plateforme à créer. En effet, la variante 1 disposant d'un nombre plus élevé d'éoliennes nécessitera la mise en place d'aménagements supplémentaires. Il convient toutefois de souligner que les surfaces en jeu restent souvent limitées à quelques deux voire trois milliers de mètres carrés par éolienne, ce qui reste peu au regard de la superficie agricole totale d'une commune rurale.

	V1	V2	V3
E1	67	40	130
E2	39	40	125
E3	89	61	65
E4	98	160	74
E5	168	57	-
E6	44	76	-
E7	75	-	-
E8	57	-	-

Moyenne	79,63	72,33	98,50
Ecart type	41,14	45,06	33,75

III.2.1.3. Synthèse : choix d'implantation et du type d'éoliennes

Après analyse des différents critères physiques, environnementaux, humains, technico-économiques ainsi que patrimoniaux et paysagers, il apparaît que la variante la plus favorable se trouve être la variante 3.

Deux types d'éoliennes ont été retenus dans le cadre du présent projet :

- VESTAS V126 : Cette éolienne a une hauteur de moyeu de 117.3 mètres (hauteur de la tour de 116m, hauteur en haut de nacelle de 118.8 mètres) et un diamètre de rotor de 126 mètres. Sa hauteur totale en bout de pale de 180.3 mètres. Ces éoliennes seront dénommées V126 – 180m dans le reste de ce rapport.
- NORDEX N131 : Cette éolienne a une hauteur de moyeu de 114 mètres (hauteur de la tour de 111.9m, hauteur en haut de nacelle de 116 mètres) et un diamètre de rotor de 131 mètres. Sa hauteur totale en bout de pale est de 179.9 m. Ces éoliennes seront dénommées N131 – 180m dans le reste de ce rapport.

Ce choix repose principalement sur un critère technico-économique : VESTAS et NORDEX font partie des principaux constructeurs d'éoliennes en France et dans le monde. Leurs longues expériences dans le domaine de l'éolien leur permettent de proposer des machines fiables et performantes, permettant notamment la mise en œuvre de modes de fonctionnement optimisés garantissant un respect des normes acoustiques. Enfin, le choix du gabarit s'est porté sur des éoliennes de 180 m en bout de pale permettant de capter au mieux le gisement éolien local et d'optimiser la production d'énergie renouvelable sur ce site sans contrainte altimétrique particulière.

Tableau 34 : Tableau de comparaison des variantes

	1	2	3
Critères physiques			
Hydrologie	----	---	-
Production d'énergie renouvelable/lutte contre le changement climatique	+++	++	++
Critères environnementaux			
Faune/Flore	---	--	-
Critères humains			
Activités humaines	--	-	-
Urbanisme	+	+	+
Environnement sonore	--	-	-
Critères technico-économiques			
Respect contraintes techniques et réglementaires	+	+	+
Facilité d'accès, pistes à créer	-	+	++
Production d'énergie/rentabilité	++	+++	+++
Critères patrimoniaux et paysagers			
Archéologie	+	+	+
Lisibilité du grand paysage	--	+	+
Lisibilité du paysage proche	-	+	++
Patrimoine protégé	-	+	+
Cohérence avec les parcs éoliens proches existants	-	+	+
TOTAL	--	+	++

Au niveau de l'urbanisme, l'absence de document local d'urbanisme ne permet pas de comparaison vis-à-vis des zonages concernés. On relèvera toutefois que l'ensemble des éoliennes se situe à plus de 500m des habitations localisées autour du site.

Le dernier point repose sur l'environnement sonore du projet. Plusieurs paramètres peuvent influencer sur le bruit engendré par les éoliennes : nombre de machines, distance aux habitations, configuration du parc... Si l'impact sonore induit par chaque variable est difficilement quantifiable en l'absence d'une étude spécifique, l'observation de certains de ces critères peut permettre d'avoir une première approche de leurs impacts potentiels. Dans le cas de ce projet, la variante 1 semble la plus pénalisante avec un nombre élevé d'éoliennes (8) et la localisation de plusieurs d'entre elles en bordure de la ZIP (donc au plus près des riverains). Les variantes 2 et 3 apparaissent comme les moins pénalisantes compte tenu du nombre d'éoliennes et de l'implantation envisagée.

- **Sur le plan technico-économique**

Au niveau des contraintes techniques, il n'existe pas de différence majeure entre les variantes étudiées car toutes placent leurs éoliennes en retrait de la route RD44a et de sa servitude de 150 m de part et d'autre.

Pour ce qui est des accès aux différentes éoliennes prévues, la présence de plusieurs routes et chemins d'exploitation sillonnant la zone du projet permet une desserte relativement aisée. La variante 3 semble toutefois se dégager en positionnant ses éoliennes à proximité des chemins existants.

Sur le plan économique, comme évoqué précédemment les variantes auront une production d'énergie renouvelable plus importante suivant le nombre d'éoliennes implanté : la plus productive sera donc la variante 1. En terme de rentabilité, l'implantation en double ligne de la variante 2 et 3 tend à réduire les pertes par effet de sillage et donc d'améliorer le rendement du parc.

- **Sur le plan patrimonial et paysager**

Au niveau du patrimoine archéologique, l'absence de zonages identifiés sur le site ne permet pas de comparaison entre les variantes.

Par ailleurs, les variantes ont fait l'objet d'une modélisation par photomontage afin de confronter la réalité de terrain aux représentations et aux modèles de principe qui ont été présentés précédemment. Ils permettent de se faire une idée générale de l'insertion des différentes variantes dans le paysage et de participer à la sélection de la plus favorable. Quatre points de vue ont été choisis pour faire la comparaison des variantes, portant principalement sur les enjeux liés au patrimoine :

- Vue A : depuis le château de la Brosse ;
- Vue B : en limite du site classé de la butte, du hameau et du château de la Brosse et leurs abords ;
- Vue C : depuis une voie proche de la zone d'implantation potentielle des éoliennes ;
- Vue D : depuis le logis seigneurial de Saint-Martin-le-Mault.

Les quatre photomontages spécifiques sont présentés au sein de l'étude paysagère qui a été jointe à la présente Demande d'Autorisation Unique (Cf. Pièce n°4.5 : Etude paysagère).

Ils permettent en particulier de conclure que :

- La **variante 1**, constituée de 8 éoliennes implantées sur trois lignes, présente un aspect massif et désordonné depuis les points de vue considérés. Les éoliennes jouent d'effets de superposition parfois hasardeux qui n'aide pas à la lisibilité de l'implantation du projet. Seule la vue C permet une perception relativement harmonieuse dans le sens où chaque éolienne est individualisée, avec des jeux de distance relativement équilibrés.
- La **variante 2** présente des effets intéressants dans l'association des éoliennes par groupes de deux. Toutefois, le point de vue pris depuis le château de Brosse (vue A), se caractérise par des effets de superposition assez imposants. En comparaison, la variante 3 prend une forme un peu plus légère et aérée, du fait du moindre nombre d'éoliennes.
- De manière générale, la **variante 3** se veut plus légère sur les vues présentées, avec le ménagement de respirations entre les éoliennes permettant de se concentrer sur le paysage alentour. Toutefois, l'implantation peut parfois paraître irrégulière et désordonnée.

En termes de paysage, les variantes 2 et 3 présentent des implantations intéressantes.

III.2.2. DESCRIPTION DU PROJET D'IMPLANTATION RETENU

Le projet repose sur l'implantation des quatre éoliennes. Le tableau ci-dessous reprend les coordonnées parcellaires et géographiques de chaque éolienne et du poste de livraison :

Tableau 35 : Positionnement des éoliennes et des postes de livraison

E1	E2	E3	E4	Poste de livraison	Commune	N° parcelle	Nom de la parcelle	Altitude NGF (sol)	Altitude NGF (bout de pale)	Coord. Lambert 93		Coord. WGS 84
										X	Y	
					BEAULIEU	A196	LES BOISROND	229	409	567455	6588682	N 46°23'06,2" E 001°16'30,6"
					BEAULIEU	A192	LA GRANDE PIECE	221	401	568166	6588774	N 46°23'09,7" E 001°17'03,8"
					BEAULIEU	A183	BOIS AUX DAMES	232	412	567681	6588165	N 46°22'49,6" E 001°16'41,7"
					BEAULIEU	A189	RONDELERES	223	403	568282	6588361	N 46°22'56,4" E 001°17'09,7"
					BEAULIEU	A184	BOIS AUX DAMES	232	/	567539	6588163	N 46°22'49,4" E 001°16'35,1"

Le plan général du projet est présenté sur la page qui suit.

Les habitations les plus proches ont été repérées sur des distances allant d'environ 665m et 1255m. Les distances séparant les lieux de vie les plus proches des éoliennes sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau 36 : Distance entre éolienne et habitation la plus proche (Source : INERSYS)

HABITATION	EOLIENNE LA PLUS PROCHE	DISTANCE à l'éolienne (m)
Le Beau	E1	665
Les Chardons	E2	680
Le Point du Jour	E3	1085
Les Loges	E2	1092
Les Landes	E1	1220

Remarque : Ces distances calculées par ordinateur le sont entre l'angle de l'habitation le plus proche et la base du mât de l'éolienne (2.5m de rayon) à partir de données fournies par INERSYS.

III.2.3. PRODUCTION ATTENDUE

Le parc éolien projeté est composé de 4 éoliennes VESTAS V126 de 3.6 MW ou NORDEX N131 de 3 MW soit une puissance totale de 12 à 14.4 MW.

La production annuelle attendue est d'environ 30 GWh.

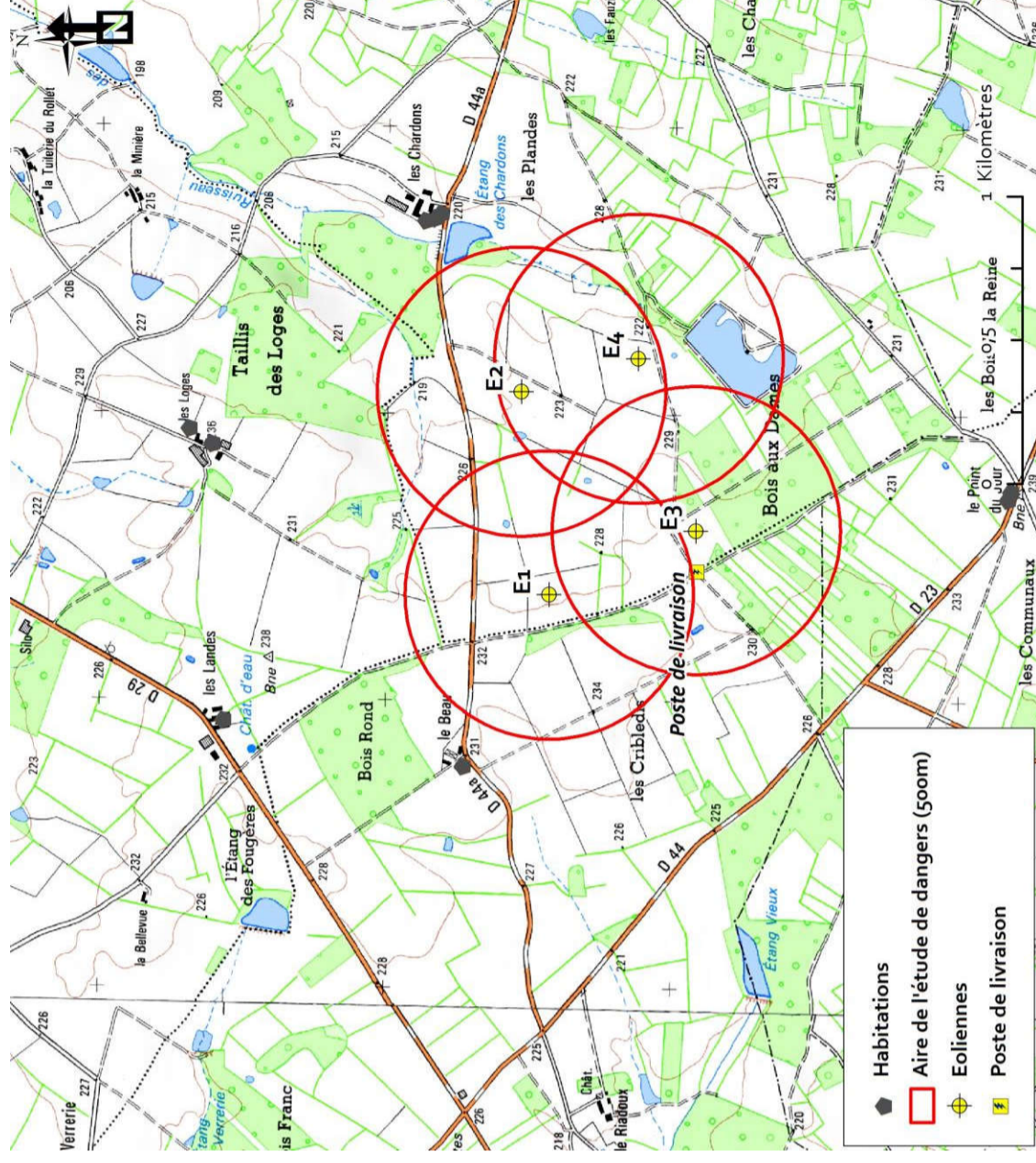


Figure 79 : Carte des habitations les plus proches

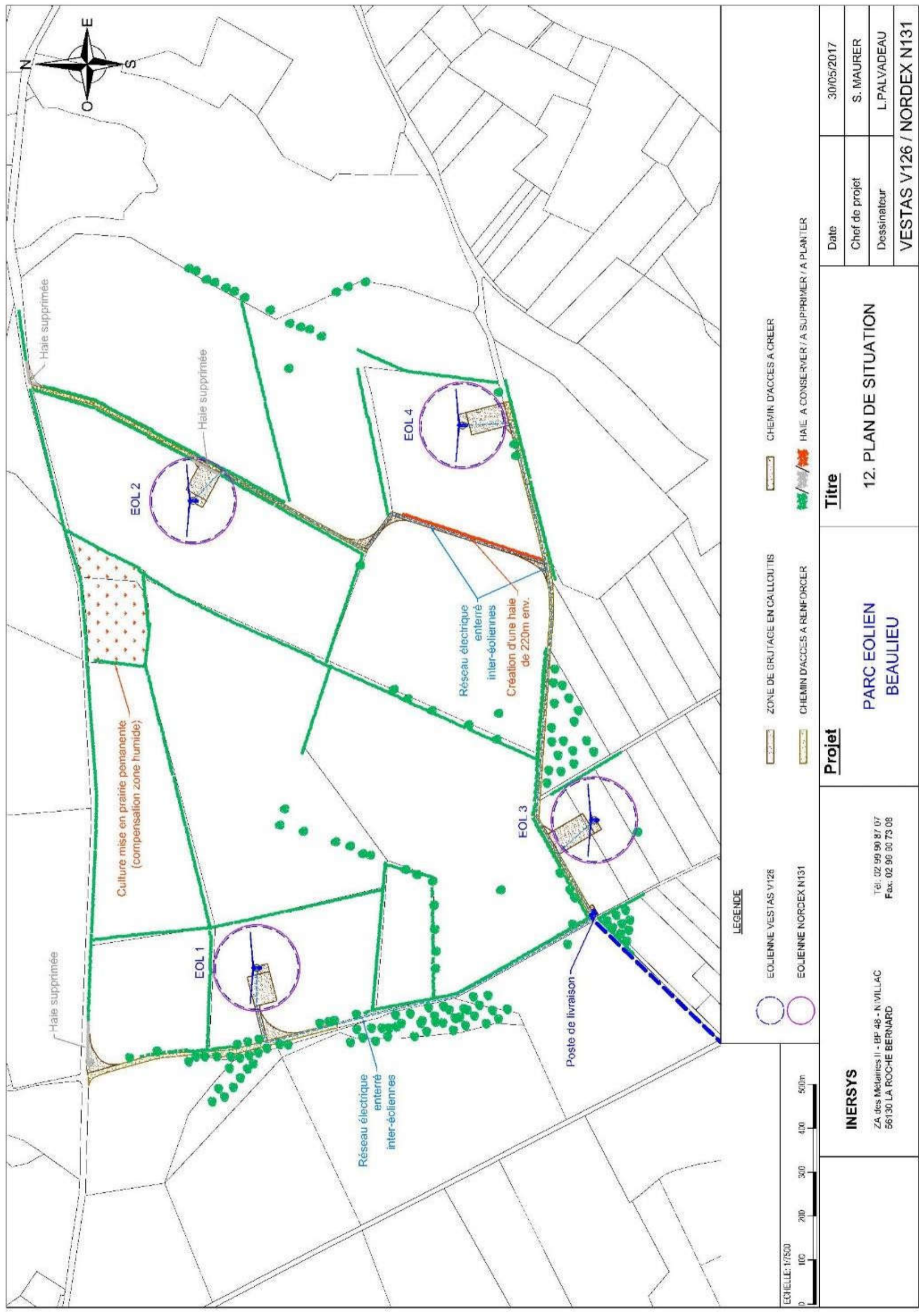


Figure 80 : Plan de masse de l'installation

III.3. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU PARC EOLIEN

III.3.1. LES DIFFERENTS COMPOSANTS DES MODELES D'ÉOLIENNES RETENUS

III.3.1.1. Les fondations

Pour assurer un ancrage solide aux éoliennes, les sites d'implantation feront l'objet d'une excavation afin de pouvoir y couler un socle de fondation en béton. Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3. Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :

- Le type d'éolienne ;
- La nature des sols ;
- Les conditions météorologiques extrêmes ;
- Les conditions de fatigue.

Le type et le dimensionnement exacts des fondations seront déterminés suite aux résultats de l'expertise géotechnique. Ces fondations devraient être similaires à celles ci-dessous.

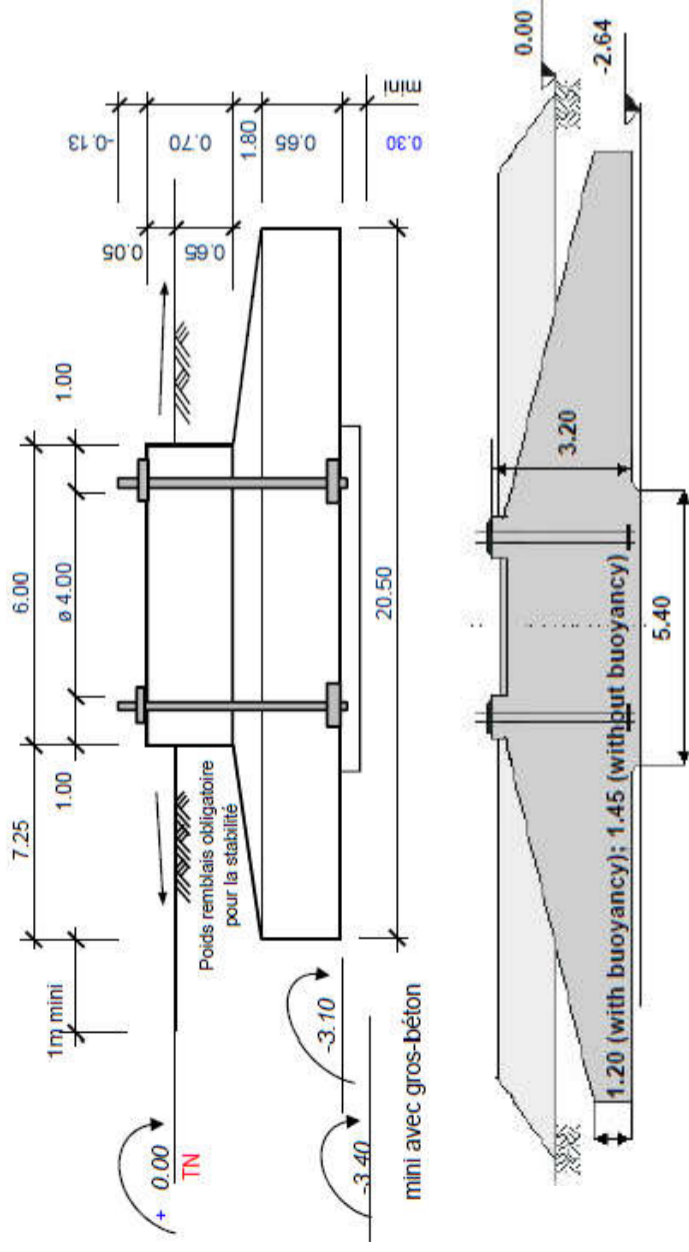


Figure 81 : Plans des fondations de l'éolienne de type V126 – 180m (en haut) et N131 -180m (en bas) (Source : VESTAS/NORDEX)

Tableau 37 : Caractéristiques des fondations pour une éolienne de type V126 – 180m et N131 -180m (Source : VESTAS/NORDEX)

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques	
		V126 -180m	N131 -180m
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Diamètre total : 20.5 m Diamètre de la surface émergeant du sol : 6 m Hauteur de la surface émergeant du sol : 0.05m Profondeur : 3.40m Volume de béton : 517 m ³	Diamètre total : 19.8 à 22.2 m Hauteur de remblai au-dessus de la fondation : 1.1m Profondeur : 2.64m Volume de béton : 656 à 754 m ³

Par éolienne, la surface strictement concernée par les fondations est donc de l'ordre de 330 à 390 m² suivant le modèle d'éoliennes retenu, soit de 1 320 à 1560 m² pour l'ensemble du parc. Lors des travaux, la zone concernée par l'excavation sera

toutefois légèrement supérieure (+5m autour) afin de permettre la circulation des ouvriers autour de la structure, comme illustré sur les photos ci-contre. La surface concernée par l'excavation sera donc de l'ordre de 707 à 814 m² par éolienne, soit 2 828 à 3 257 m² pour l'ensemble du parc. Il convient de souligner qu'une fois le béton sec, la zone située autour de la fondation sera remblayée avec la terre extraite du site. A noter qu'il existe une différence entre les deux modèles d'éoliennes : les fondations de la V126 étant enterrées de manière plus conséquente par rapport à la N131 (+0.8m), la surface des fondations émergeant du sol est plus réduite : une trentaine de mètres carrés émerge du sol. Pour l'éolienne N131 cette surface est plus conséquente et l'ensemble de la fondation est recouvert d'une épaisseur de remblai, ce qui contribue à garantir une assise stable à l'éolienne.



Figure 82 : Les étapes de construction d'une fondation pour une éolienne (Source : VESTAS)

Ces terres excavées seront traitées comme des déchets de chantiers. (Cf. III.4.1.4. Gestion des déchets).

III.3.1.2. Le mât

La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante. La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée. La tour a avant tout une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :

- Une échelle d'accès à la nacelle ;
- Un élévateur de personnes ;
- Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ;
- Les cellules de protection électriques.

Pour ce projet, le mât correspondra aux caractéristiques suivantes :

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques	
		V126 -180m	N131 -180m
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Structure : acier (6 sections) Diamètre de la base : 6 m Hauteur du mât seul : 116 m Poids : 313 tonnes	Structure : acier (5 sections) Diamètre de la base : 4 m Hauteur du mât seul : 111.9 m

VESTAS Pitch system	
Angle	De -9,5° à 90°
Type	Hydraulique
Nombre	1 vérin hydraulique par pale
Système hydraulique	
Pompe principale	Double pompe interne
Pression	260 bars

Tableau 39 : Caractéristiques du système de régulation et du système hydraulique de l'éolienne

III.3.1.3. La nacelle

→ EOLIENNE V126 :

L'enveloppe de la nacelle est composée de fibre de verre. Le châssis de la nacelle est lui composé d'une structure métallique qui sert de support aux différents éléments principaux de la nacelle : arbre de transmission, génératrice, multiplicateur, transformateur, armoires de commandes. La trappe dans le plancher permet de hisser via le palan l'outillage nécessaire à la maintenance et l'évacuation du personnel en cas d'incendie dans la nacelle. Les fenêtres de toit permettent de fixer l'appareil de levage pour hisser la nacelle sur la tour. Le toit est équipé de capteurs de vent et de puits de lumière qui peuvent être ouverts depuis l'intérieur de la nacelle pour accéder au toit. Le système de refroidissement VESTAS Cooler Top™ est situé sur le dessus de la nacelle, à l'extrémité arrière de celle-ci. Le châssis de la nacelle est composé de deux parties : une partie avant en fonte et une structure en treillis à l'arrière. La partie avant de la nacelle sert de base au groupe motopropulseur en transmettant les forces dynamiques du rotor à l'arbre moteur. La partie arrière comporte les panneaux de commandes, la génératrice et le transformateur.

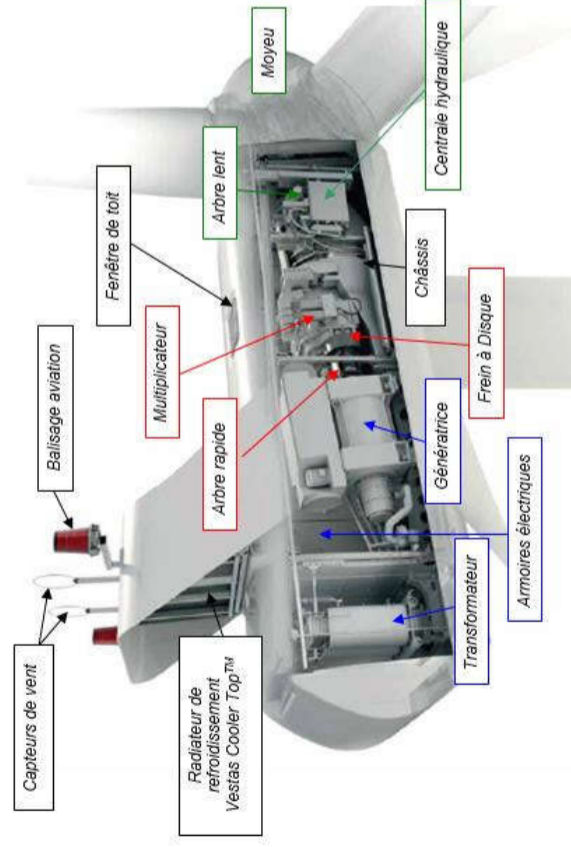


Figure 83 : Coupe transversale de la nacelle en 3D (Source : VESTAS)

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

- **Système d'inclinaison des pales (VESTAS Pitch system)**

L'inclinaison des pales s'ajuste en fonction de l'apport en énergie du vent à la turbine à l'aide du VESTAS Pitch system. L'inclinaison des pales sur le moyeu peut donc varier à l'aide de vérins hydrauliques placés sur un axe longitudinal afin de profiter au maximum du vent instantané. La variation de l'inclinaison entraîne une diminution ou une augmentation de la portance de la pale, donc du couple moteur. Un système de contrôle permet de déterminer la meilleure position des pales en fonction de la vitesse du vent et commande le système hydraulique afin d'exécuter le positionnement. Ce système permet donc de maximiser l'énergie absorbée par l'éolienne mais il fonctionne également comme le premier mécanisme de freinage en plaçant les pales en drapeau en cas de vents violents. C'est le système le plus efficace car il permet une régulation constante et presque parfaite de la rotation du générateur en bout de ligne, donc de la puissance. Les pales sont contrôlées par un microprocesseur appelé OptiTip®.

- **Le multiplicateur (gearbox)**

Le multiplicateur se situe entre le rotor et le générateur. Pour des raisons techniques le rotor n'est pas lié directement à la génératrice. En effet, la plupart des générateurs ont besoin de tourner à très grande vitesse (de 1 000 à 2 000 tours/min) pour garder un bon rendement. Il est donc nécessaire d'augmenter la fréquence de rotation du rotor avant d'entraîner un générateur électrique classique. Cette augmentation est réalisée à l'aide du multiplicateur qui correspond à un train d'engrenages.

Le rotor transmet donc l'énergie du vent au multiplicateur via un arbre lent, le multiplicateur va ensuite entraîner un arbre rapide (1 000 à 2 000 tours/min) et se coupler au générateur électrique. Un frein à disque est monté directement sur l'arbre rapide. Le couplage avec l'arbre rapide se fait par l'intermédiaire de deux disques en matériaux composites, d'un tube intermédiaire avec deux brides d'aluminium et d'un tube en fibre de verre.



Figure 84 : Vue en coupe du multiplicateur V126

- **Le générateur électrique**

L'énergie mécanique du vent est transformée en énergie électrique par le générateur. Dans le cas des éoliennes VESTAS V126 – 3.3 MW il s'agit d'un générateur triphasé synchrone. Le stator est connecté à un convertisseur pleine puissance qui assure la conversion de l'ensemble de l'énergie produite par la génératrice afin d'assurer une qualité et une fréquence optimale avant la livraison sur le réseau électrique.

Le générateur est équipé d'un circuit de refroidissement interne.

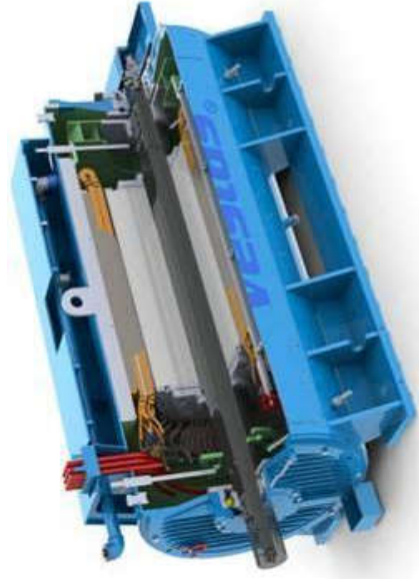


Figure 85 : Présentation et localisation du générateur

- **Le transformateur**

Le transformateur est situé dans une pièce séparée et verrouillée dans la nacelle avec les parafoudres montés sur le côté haute tension du transformateur. Le transformateur constitue l'élément électrique qui va élever la tension issue du générateur pour permettre le raccordement au réseau de distribution. Dans le cas des éoliennes VESTAS V126 – 3.3 MW, il s'agit d'un transformateur triphasé de type sec.

- **Les autres éléments électriques**

Si le générateur et le transformateur constituent les deux systèmes électriques principaux dans le fonctionnement des éoliennes présents dans la nacelle, on retrouve d'autres éléments électriques dans les éoliennes VESTAS V126 – 3.3 MW :

- le **convertisseur** VESTAS Flexpower® qui contrôle et converti l'énergie produite par le générateur, il se trouve dans la nacelle ;
- le **système auxiliaire** qui alimente les différents moteurs, pompes, ventilateurs et appareils de chauffage de l'éolienne. Il se trouve dans la nacelle, dans les armoires de commandes ;
- les **capteurs de vent** à ultrasons avec chauffage intégré, ils mesurent la vitesse et la direction du vent, ils se trouvent sur le VESTAS Cooler Top™ ;
- le **système de commande** est constitué de différents processeurs situés dans le rotor, dans la nacelle et en pied de mât ;
- l'**onduleur** qui permet d'alimenter les composants en cas de panne, il se trouve au pied de la tour ;
- les **câbles haute-tension** allant de la nacelle au bas de la tour.

- **Le système de refroidissement**

Le système de refroidissement se compose d'un nombre réduit de composants :

- le VESTAS Cooler Top™ situé sur le toit à l'arrière de la nacelle, il refroidit grâce au flux naturel du vent les 2 systèmes suivants :
 - o un premier système de refroidissement liquide, piloté par une pompe électrique, qui dessert le multiplicateur et le système hydraulique ;
 - o un second système de refroidissement liquide, piloté par une pompe électrique, qui dessert le générateur et le convertisseur ;
- le refroidissement par air forcé du transformateur, comprenant un ventilateur électrique ;
- le refroidissement par air forcé de la nacelle, comprenant deux ventilateurs électriques.



Figure 86 : VESTAS Cooler Top™

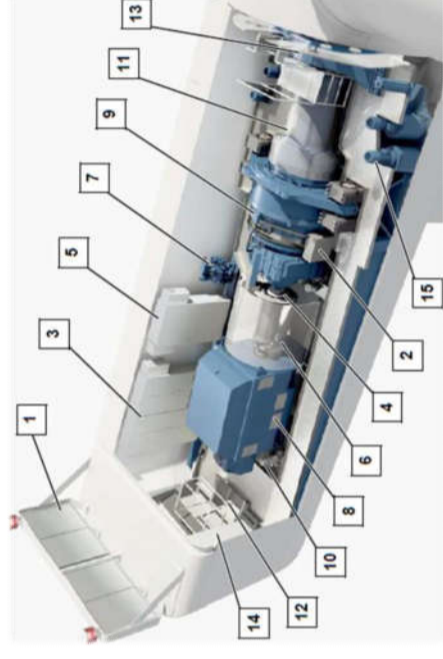
- **La lubrification**

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle implique un graissage au démarrage et en exploitation afin de réduire les différents frottements et l'usure entre deux pièces en contact et, en mouvement l'une par rapport à l'autre. Les substances chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes VESTAS sont certifiés selon les normes ISO 14001:2004 ; on notera parmi les principales substances chimiques :

- le liquide de refroidissement (eau glycolée) ;
- les huiles de lubrification pour la boîte de vitesse ;
- les huiles pour le système hydraulique du VESTAS Pitch system ;
- les graisses pour la lubrification des roulements ;
- les divers agents nettoyants et produits chimiques pour la maintenance de l'éolienne.

→ **EOLIENNE N131 :**

La nacelle est montée sur le mât (ou tour) et se trouve donc à environ 110 mètres du sol. Dans cette nacelle sont installés les systèmes qui permettent le fonctionnement de l'éolienne.



1. Echangeur thermique
2. Refroidisseur d'huile d'engrenage
3. Armoire électrique 1
4. Frein du rotor
5. Armoire électrique 2
6. Couplage
7. Unité hydraulique
8. Générateur
9. Boîte de vitesse
10. Refroidissement pompe à eau
11. Arbre du rotor
12. Trappe pour la grue de bord
13. Roulement du rotor
14. Armoire électrique 3
15. Palier d'orientation

Figure 87 : Coupe transversale de la nacelle en 3D d'une éolienne N131 – 3 MW (Source : NORDEX)

Le **palier d'orientation** tourne de manière optimale la nacelle dans le vent. Quatre unités sont situées sur le bâti de la machine, dans la nacelle. Une unité se compose d'un moteur électrique, à plusieurs étages d'engrenages planétaires, et un pignon d'entraînement coulissant sur la denture extérieure du palier.

Lorsque la nacelle est positionnée correctement, le pignon d'entraînement est verrouillé au moyen d'un vérin hydraulique et d'un système de freinage électrique. Il se compose de plusieurs étriers de frein qui sont fixés au châssis de la machine. En outre, les moteurs électriques sont équipés d'un frein d'arrêt à commande électrique.

L'**arbre du rotor** est entraîné par les pales. Un verrou mécanique est utilisé pour verrouiller solidement le rotor.

La **boîte de vitesse** augmente la vitesse du rotor jusqu'à ce qu'il atteigne la vitesse requise pour le générateur. Les roulements et engrenages sont constamment lubrifiés à l'huile. Une pompe permet la circulation d'huile. Un élément filtrant enlève les impuretés. Le système de commande surveille le niveau de contamination des éléments filtrants.

L'huile utilisée pour la lubrification refroidit également la boîte de vitesse. Les températures de la boîte de vitesses et l'huile sont surveillées en permanence. Si la température optimum de fonctionnement n'a pas encore été atteinte, une dérivation thermique dirige l'huile directement dans la boîte de vitesse. Si la température de fonctionnement de l'huile est dépassée,



elle est refroidie. Le refroidissement est réalisé à l'aide d'un **refroidisseur** d'huile/eau. L'eau chauffée est refroidie, comme celle servant au refroidissement du générateur, dans un **échangeur thermique** sur le toit de la nacelle.

L'**unité hydraulique** fournit la pression d'huile requise pour le fonctionnement des différents systèmes de freinage.

Le **générateur** est basé sur une technologie à induction. Un échangeur thermique air/eau est monté sur le générateur. L'eau est refroidie sur le toit nacelle.

Le **frein mécanique du rotor** soutient l'effet de freinage aérodynamique des pales du rotor dès que la vitesse du rotor tombe au-dessous d'une valeur définie et, enfin, arrête le rotor. L'effet de freinage aérodynamique du rotor est réalisé par le réglage perpendiculaire des pales du rotor à la direction de rotation. Le frein de rotor se compose d'un étrier de frein qui agit sur le disque de frein monté derrière la boîte de vitesse.

Des dispositifs et des systèmes de contrôle et de sécurité internes et à distance sont également installés à l'intérieur de la nacelle. Un palan à chaîne électrique ainsi qu'un pont mobile sont aussi installés afin de faciliter les opérations de maintenance.

Les machines produisent un courant redressé de 660 volts. Celui-ci est transformé en alternatif (50/60Hz) par un convertisseur électronique et élevé à 20 000 volts, qui est la tension d'acheminement vers le réseau EDF. Chaque machine est donc dotée d'un **transformateur** pour respecter cette contrainte. Le transformateur sera placé dans la tour de la machine afin de réduire le nombre de constructions composant le parc et ainsi réduire l'impact paysager de l'ensemble (de plus, le transformateur est un élément générateur de bruit et il est préférable de le placer à l'intérieur de la tour pour une meilleure isolation phonique).

Tableau 40 : Caractéristiques de la nacelle et de ses principaux composants pour une éolienne de type V126 – 180m et N131 -180m (Source : VESTAS/NORDEX)

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques	
		V126 -180m	N131 -180m
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	Hauteur en haut de nacelle : 118.8 m Structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre Système de refroidissement et support du balisage lumineux et des capteurs de vent à ultrasons Système d'orientation : dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle, dont les arbres de sortie comportent un pignon s'engrenant sur une couronne dentée solidaire de la tour. Freins : de type aérodynamique (mise en « drapeau » des pales) et mécanique Tension dans les armatures électriques : Entre 0 et 1 200 V.	Hauteur en haut de nacelle : 116 m Arbre de rotor entraîné par les pales. Multiplicateur à engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel Frein principal de type aérodynamique (orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours) et frein auxiliaire mécanique (frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide)
Générateur et transformateur	Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Générateur de type synchrone Courant délivré : alternatif - 710 V Position : à l'arrière de la nacelle Transformateur sec : tension élevée entre 20 000 à 33 000 V Refroidissement par une boucle d'eau	Génératrice asynchrone à double alimentation délivrant une tension à 660V Position : à l'arrière de la nacelle Transformateur MT (Moyenne Tension) Refroidissement par échangeur eau/air

III.3.1.4. Les pales

→ EOLIENNE V126 :

Les rotors VESTAS sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.

Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé « VESTAS Pitch System ». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales. Le « VESTAS Pitch System » est conçu pour optimiser au maximum la production de l'éolienne.

Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante, risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le « VESTAS Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydro-pneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales en drapeau. Chaque pale est indépendante et équipée de son propre pitch system afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle commande. Plusieurs notions caractérisent les pales :

- La longueur, fonction de la puissance désirée ;
- La corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ;
- Les matériaux, fonction de la résistance souhaitée.

La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement. Pour le modèle V126, les pales balayent une surface d'environ 12 469 m² pour un diamètre total de 126m. Leur vitesse de rotation est variable, entre 5.3 et 16.5 tours/min.

→ EOLIENNE N131 :



Le rotor se compose d'un moyeu qui, par l'intermédiaire de trois paliers, réceptionne trois pales constituant le rotor. L'élément de base du moyeu est constitué d'une structure moulée rigide. Sur cet élément les pales du rotor sont montées. Une trappe permet un accès direct depuis la nacelle jusque dans le moyeu. La hauteur de moyeu est de 114 m.

Les pales du rotor sont faites en matière synthétique, alliant plastique et fibres de verre. La pale de rotor est statiquement et dynamiquement testée, conformément aux directives IEC 61400-23 et GL IV - 1 (2010). Le système sert à régler l'angle d'inclinaison des pales de rotor. Pour chaque pale, ce système comprend un entraînement électromécanique avec moteur à 3 phases, un engrenage planétaire et le pignon d'entraînement, ainsi qu'une unité de commande avec un convertisseur de fréquence et le bloc d'alimentation d'urgence. Pour le modèle N131, les pales balayent une surface d'environ 13 478m² pour un diamètre total d'environ 131m. Leur vitesse de rotation est variable, de 7,5 à 13,6 tours/min.



Figure 88 : Pale du rotor des éoliennes NORDEX (Source : NORDEX)

Pour ces deux modèles d'éoliennes, il convient de souligner qu'afin de limiter l'émergence de bruit des machines et donc de limiter l'impact acoustique des riverains, le maître d'ouvrage a choisi l'option d'intégrer aux éoliennes des serrations (peignes situés au dernier tiers extérieur des pales). On parle alors de pales STE.

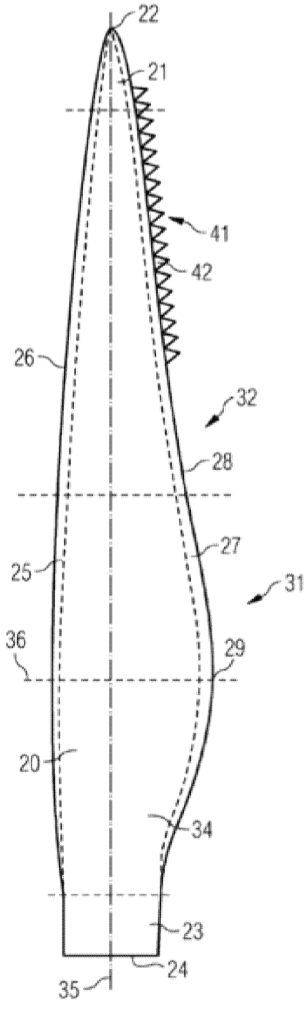


Figure 89 : Type de pale avec serrations

Tableau 41 : Caractéristiques du rotor/pales p pour une éolienne de type V126 – 180m et N131 –180m (Source : VESTAS/NORDEX)

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques	
		V126 -180m	N131 -180m
Rotor/pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<p>Nombre et structures des pales : 3 pales en fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone</p> <p>Poids unitaire d'une pale : 11.9 tonnes</p> <p>Largeur max. : 4m</p> <p>Diamètre du rotor : 126 m</p> <p>Surface balayée : 12 469 m²</p> <p>Hauteur de moyeu : 117 m</p> <p>Axe et orientation : horizontal face au vent</p> <p>Vitesse : de 5.3 à 16.5 tours/min</p>	<p>Nombre et structures des pales : 3 pales en plastique renforcé à la fibre de verre (GFK)</p> <p>Poids unitaire d'une pale : 15.7 tonnes</p> <p>Largeur max. : 5m</p> <p>Diamètre du rotor : 131 m</p> <p>Surface balayée : 13 478 m²</p> <p>Hauteur de moyeu : 114 m</p> <p>Axe et orientation : horizontal face au vent</p> <p>Vitesse : de 7.5 à 13.6 tours/min</p>

III.3.1.5. Signalisation

L'arrêté du 13 novembre 2009 fixe les exigences en ce qui concerne la réalisation du balisage des éoliennes. La hauteur totale de l'obstacle à considérer est la hauteur maximale de l'éolienne, c'est-à-dire avec une pale en position verticale au-dessus de la nacelle. Le nouvel arrêté relatif au balisage des éoliennes en France est entré en vigueur le 1^{er} mars 2010 et a remplacé l'instruction n° 20700 DNA du 16 novembre 2000. Toutes les éoliennes doivent être dotées d'un balisage lumineux d'obstacle.

Les éoliennes devront désormais respecter les dispositions suivantes :

- dans le cas d'une éolienne de hauteur totale supérieure à 150 mètres, le balisage par feu moyenne intensité est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installés sur le mât ;
- couleurs acceptées pour les éoliennes : RAL 7035, 7038, 9003, 9010 et 9016 ;
- l'arrêté est rétroactif : les parcs existants doivent être adaptés à la nouvelle réglementation avant le 1^{er} mars 2015.

Le balisage lumineux de jour est fixé comme suit :

- feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 cd) ;
- une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°) doit être assurée.

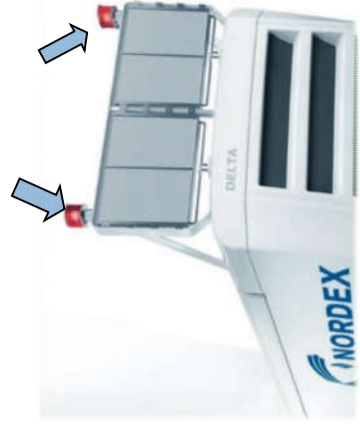
Le balisage lumineux de nuit est quant à lui fixé comme suit :

- feux d'obstacle de moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd) ;
- une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°) doit être assurée.

Les éoliennes VESTAS V126 – 3.6 MW sont équipées de feux d'obstacles clignotants à LED de technologie ORGA L450- 3A/63B. Ce système de balisage de structures présentant un danger pour l'aviation intègre des technologies de pointe fiables sur le long terme et à faible consommation d'énergie. Les caractéristiques de ce système de balisage sont présentées dans le tableau ci-après :

Fréquence	40 flash par minutes le jour 40 flash par minutes la nuit
Intensité	20 000 cd le jour 2 000 cd la nuit
Visibilité	360°
Certification	ICAO Annex 14 Volume 1, 4th Edition, July 2004, Chapter 6, Medium Intensity Type A and Type B obstacle light depending on model.

Tableau 42 : Caractéristiques du système de balisage aéronautique



Les éoliennes N131 disposeront elles aussi d'équipements de balisage lumineux situés à l'arrière de la nacelle comme illustré ci-contre.

Dans le cas d'une éolienne de hauteur totale supérieure à 150 m, comme c'est le cas pour ce projet, le balisage par feu moyenne intensité décrit ci-dessus est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B installés sur la tour. Un ou plusieurs niveaux intermédiaires sont installés en fonction de la hauteur totale de l'éolienne conformément au tableau suivant :

HAUTEUR TOTALE DE L'ÉOLIENNE	NOMBRE DE NIVEAUX	HAUTEURS D'INSTALLATION des feux basse intensité de type B
150 < h ≤ 200 m	1	45 m
200 < h ≤ 250 m	2	45 et 90 m
250 < h ≤ 300 m	3	45, 90 et 135 m
...
150 + (n - 1)*50 m < h ≤ 150 + n*50 m	n	Tous les 45 m jusqu'à n*45m

Tableau 43 : Hauteurs d'installation des feux basse intensité

III.3.1.6. Certifications des machines

Les éoliennes VESTAS 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.

Les éoliennes NORDEX N131 – 3 MW ont été élaborées pour répondre à la norme internationale IEC 61400-1 fixant les exigences minimales de conception des éoliennes. Par ailleurs, la société NORDEX est munie des certifications ISO 9001-2008, ISO 14001 : 2004, ISO 14001 : 2009, OHSAS 18001 : 2007 (Cf. Annexe 1).

III.3.2. CARACTERISTIQUES DES AIRES DE STOCKAGE TEMPORAIRE ET PLATEFORME DE MONTAGE

Au pied de chaque éolienne, une plate-forme en remblai est installée afin de permettre et faciliter les interventions de maintenance. Une plateforme temporaire de stockage lui est adjointe afin de faciliter l'assemblage et servira aussi au montage et levage des différents éléments constitutifs de l'éolienne.

S'il existe des dimensions standards (35m * 46m), chaque plateforme de montage disposera d'une surface variable, en fonction de la configuration du terrain. Ces dimensions seront identiques quelques soit le modèle d'éoliennes retenus.

Cette même plate-forme sera maintenue en l'état durant toute l'exploitation et servira notamment au démantèlement de l'éolienne. L'aire de stockage temporaire (18m * 65m) qui lui sera adjointe nécessitera des aménagements moins lourds (stabilisation du terrain) et sera supprimée à la fin du chantier. Enfin un aménagement nivelé et stabilisé léger sera aussi réalisé autour du massif de l'éolienne afin d'accueillir les véhicules légers. Ce dernier restera en place lors de l'exploitation du parc.

Tableau 44 : Surface des différentes aires et plateformes

Eolienne	Surface (m ²)	
	Aire de stockage temporaire	Plateforme de montage
E1	1170	1610
E2	1170	1670
E3	1170	2230
E4	1170	2135
TOTAL	4 680	7 645

Hormis pour les pales et fûts, les éléments éoliens seront tous stockés sur le pad de travail aménagé pour le montage de la turbine. L'ensemble de la plate-forme devra comporter une altimétrie et des résistances mécaniques identiques en tous points. Les déchargements des nacelles, drive-trains et hubs seront réalisés à l'aide d'une grue. Exceptionnellement, des équipements de déchargements spécifiques de fourniture VESTAS appelés Jacking-System pourraient être également mobilisés sur site. La manutention au sol des éléments est nécessaire, en vue de leurs préparations avant levage. Chaque colis stocké sur le pad devra ainsi être accessible aux techniciens sur site et aux chariots élévateurs pour la préparation et l'assemblage des composants. Les sections de pistes tangentielles à la plate-forme doivent être au même niveau que la zone de levage. Les cassures et pentes même légères sont prohibées. L'aménagement autour du massif pour le chariot élévateur et techniciens sur site, situé au pied de l'éolienne devra être nivelé et stabilisé, de manière à assurer un accès à la machine en toute sécurité.

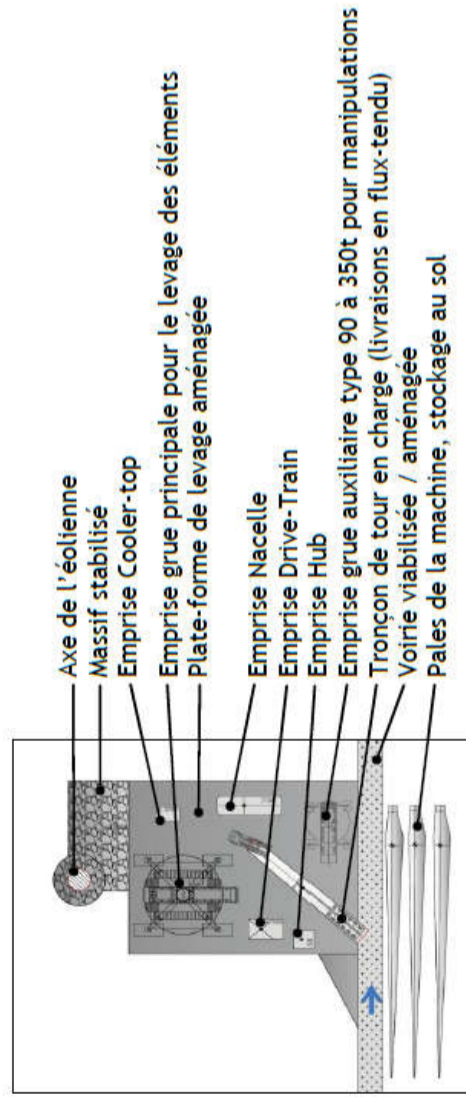


Figure 90 : Organisation du chantier sur les plateformes de montage (Source : VESTAS)

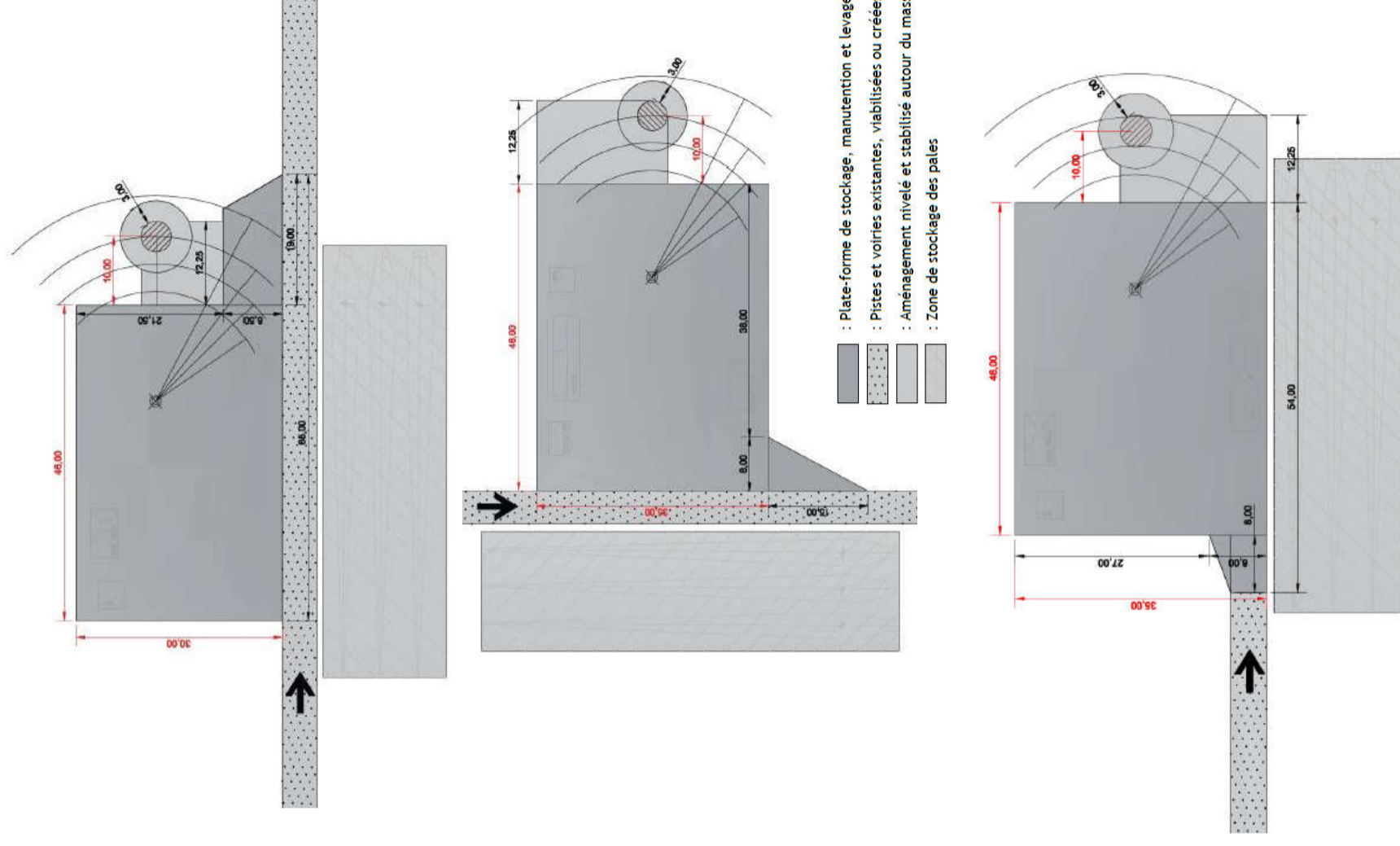


Figure 91 : Différents plans-types d'une plateforme de montage pour une éolienne V126 (Source : VESTAS)

III.3.3. CARACTERISTIQUES DES ACCES

III.3.3.1. Caractéristiques des voiries

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

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

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

Tableau 45 : Longueur et poids du convoi transportant une pale

	V126 – 3.6 MW	N131 – 3 MW
Longueur d'une pale	61,66 m	64,70 m
Longueur totale de l'ensemble (camion et pale)	65,74 m	68,80 m
Poids total d'une pale	11,9 tonnes	17,6 tonnes

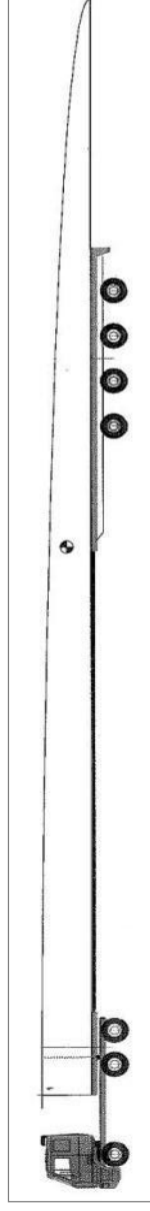


Figure 92 : Transport d'une pale

Lors du transport des aérogénérateurs, le poids maximal à supporter est celui du transport des nacelles. Chacune pèse environ 60 à 70 tonnes à vide. Le poids total du véhicule chargé avec la nacelle est d'environ 120 tonnes. La charge de ce véhicule sera portée par 12 essieux, avec une charge d'environ 10 tonnes par essieu.

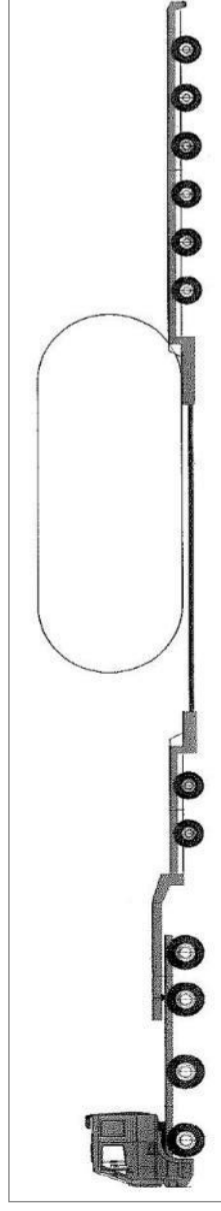


Figure 93 : Transport de la nacelle

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

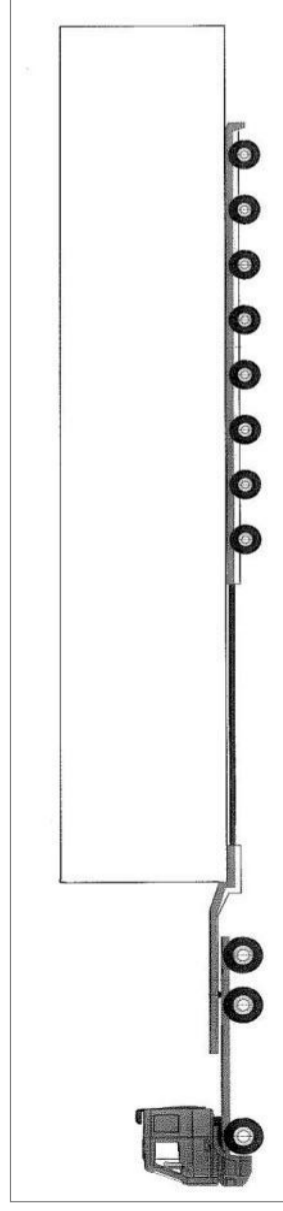


Figure 94 : Transport d'une section du mât

Pour répondre à la charge des véhicules de transport, certains chemins existants seront redimensionnés et renforcés avant le démarrage du chantier. Après la phase de construction, ils seront ramenés à une largeur inférieure à 5 mètres.

Le redimensionnement des chemins s'effectue en plusieurs étapes. Une étude géotechnique est nécessaire pour définir les épaisseurs de décapage. Dans un premier temps, la terre végétale est retirée et stockée sur site afin de la réutiliser pour la remise en état après le chantier. Ensuite, il y a un décapage afin de trouver un sol avec une portance suffisante. Finalement, une couche de tout-venant sera déposée en plusieurs couches compactées. La largeur des voies d'accès au site sera de 5 à 6 m utiles. L'évacuation des eaux sera réalisée par des fossés de chaque côté de la piste.

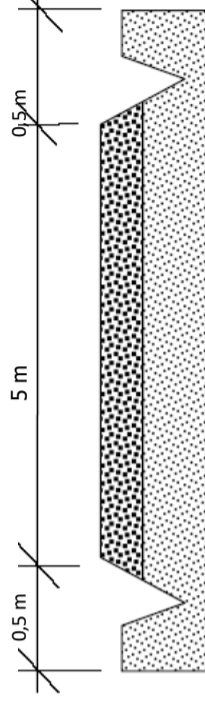


Figure 95 : Exemple de vue en coupe d'une piste d'accès (Source : VESTAS)

La pente maximale des pistes d'accès est limitée par le constructeur d'éoliennes. De même, la négociation de virage par ces engins de transport n'est pas une chose aisée et nécessite parfois l'aménagement des virages.

Ainsi, pour le transport des éléments de l'éolienne, VESTAS recommande certains rayons de rotation internes (Rint) et externes (Rext) (cf. schéma suivant).

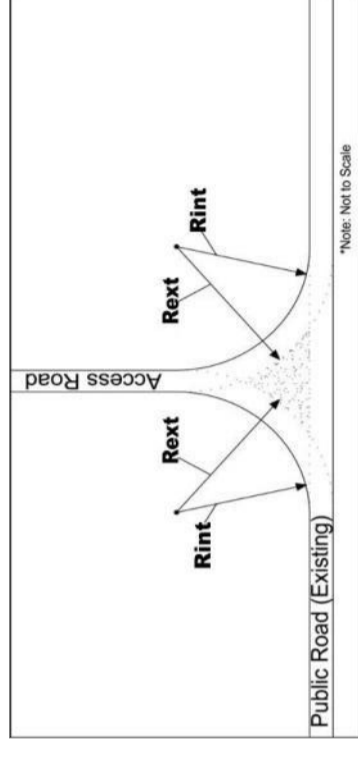


Figure 96 : Aménagement des virages

Tableau 46 : Rayons de rotation recommandés

	V126 – 3.6 MW
R _{int}	54 m
R _{ext}	60 m

La figure ci-après explicite quant à elle le comportement des véhicules de transport dans les virages.

la direction de l'Est. Au niveau d'Angers, ils emprunteront l'autoroute A85 jusqu'à Vierzon puis l'A20 en direction du Sud. Après être sortis au niveau de la sortie n°21, ils utiliseront la route RD92 afin de rejoindre le bourg de BEAULIEU, puis la D44a jusqu'au site du projet éolien.

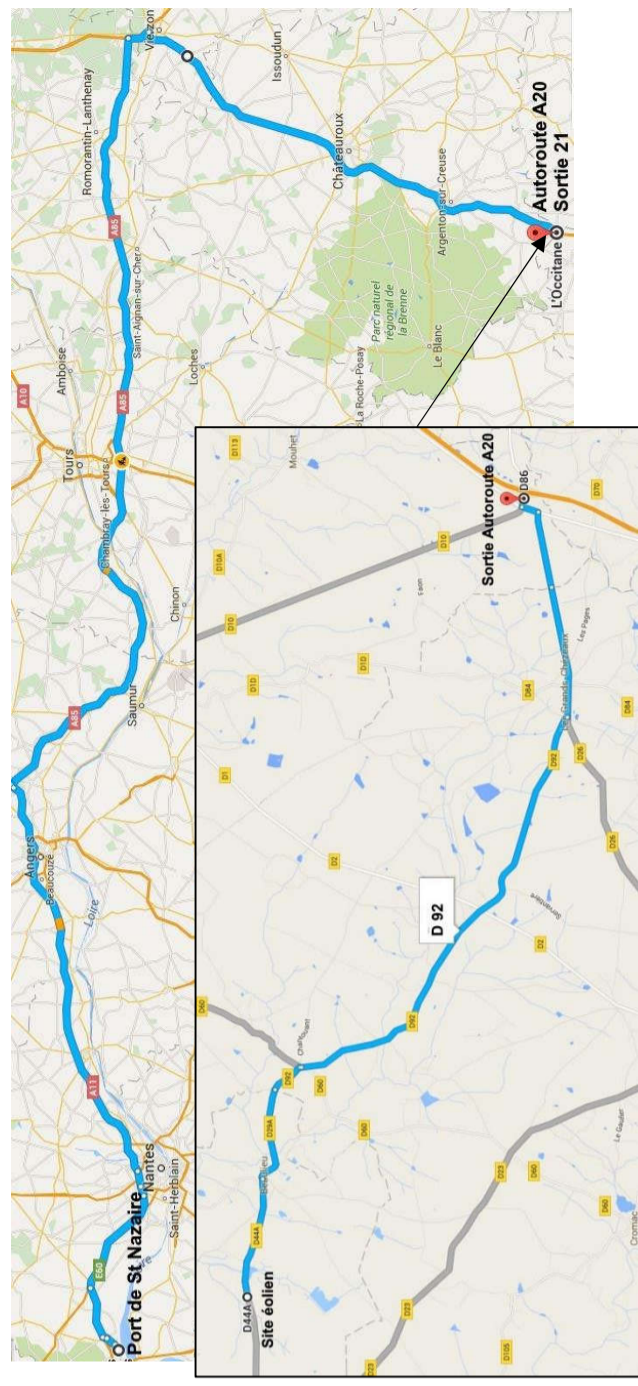


Figure 98 : Trajet des convois de transport des éoliennes depuis Saint-Nazaire (Source : INERSYS)

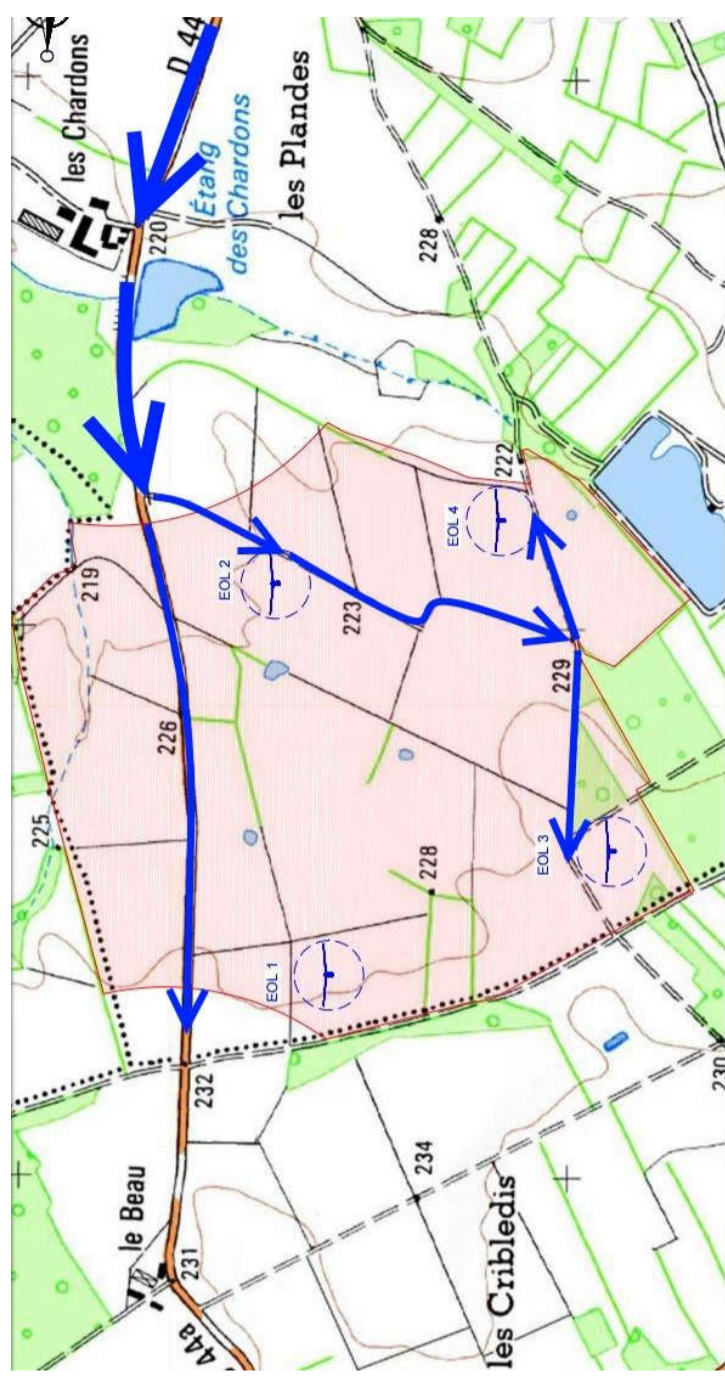


Figure 99 : Trajet des convois de transport des éoliennes sur site (Source : INERSYS)

Sur le site du projet éolien de BEAULIEU, la présence de plusieurs routes communales et chemins ruraux permet d'envisager un accès relativement aisé aux différents sites de montage. Les surfaces de chemins existants à restaurer et celles des chemins à créer sont présentées ci-contre. A la fin du chantier, les chemins et les plates-formes seront remis en état. Ces chemins seront conservés pendant toute la durée de vie de l'éolienne.

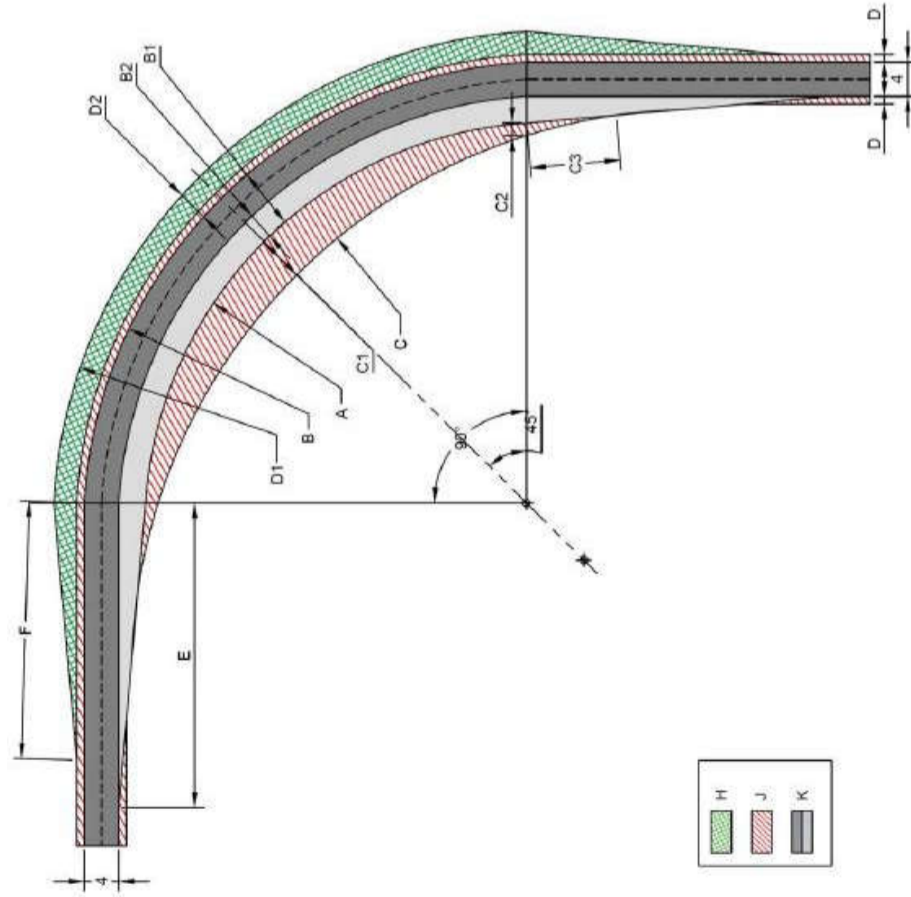


Figure 97 : Rayon et courbes dans un virage à 90° pour une éolienne NORDEX (Source : NORDEX)

- H : Aire de rotation extérieure. Projection de la pale à 1,5 m du niveau du sol.
- J : Aire de rotation intérieure et profil de dégagement. Projection de la section du mât à 0.20 m du niveau du sol
- K : Route en gris foncé et extension de la route en gris clair qui doivent permettre le passage des engins de transport.

Remarque : les zones hachurées doivent être exemptes d'obstacles car elles seront franchies par les composants transportés. Les zones en gris clair doivent permettre le passage des engins de transport.

Les éoliennes devront être accessibles pendant toute la durée de fonctionnement du parc éolien pour en assurer leur maintenance et leur exploitation et également ponctuellement pour que les visiteurs puissent accéder au site.

Selon les prescriptions du constructeur des éoliennes, la largeur des accès, pendant la phase de chantier doit être de l'ordre de 5 mètres.

III.3.3.2. Circuit de transport

Le transport des éléments d'éoliennes nécessite l'emploi de convois exceptionnels. Afin de permettre l'acheminement des pièces d'éoliennes (pales, tronçons de tour, nacelle, etc.) sur le site, puis les opérations de maintenance, des voies d'accès de bonne qualité sont nécessaires.

Dans ce but, il est impératif dans un premier temps de s'assurer de la possibilité d'emprunter le réseau routier jusqu'à l'entrée du site avec des transports hors gabarit : tonnage important, longueur totale du transport...

Le circuit de transport retenu pour acheminer les différents composants de l'éolienne doit être compatible avec le passage de convois exceptionnels. Celui envisagé pour ce projet est présenté ci-dessous.

Les différents composants des éoliennes arriveront probablement par bateau au port de Saint-Nazaire. Depuis le port, ils prendront la direction de Nantes avant de s'engager sur l'autoroute A11. Ils utiliseront alors cette autoroute pour se prendre

	Chemin à restaurer (m²)	Chemin à créer (m²)	Virage temporaire
E1	2800	335	1490
E2 – E4	3020	1530	450
E3 – E4- PDL	5440	/	250
TOTAL	11 260	1 865	2190

Figure 100 : Longueurs des chemins à restaurer et à créer

Pour l'éolienne E1, une première portion de chemin s'appuiera sur un chemin agricole existant qui sera restauré. Une seconde portion de chemin sera créée au droit de la parcelle accueillant l'éolienne. Des virages permettant la giration des engins de chantier seront mis en place le temps du chantier.

L'accès à l'éolienne E2 se fera par une portion de chemin existant qui sera restauré.

Ce même chemin sera utilisé pour l'accès aux deux dernières éoliennes avec une restauration, puis une création d'un nouveau chemin dans le prolongement afin de rejoindre un autre sentier existant plus au Sud. Pour l'accès à l'éolienne E3, les convois prendront la direction de l'Ouest et pour l'accès à l'éolienne E4, ils prendront la direction de l'Est.

Les accès pour les différentes éoliennes sont illustrés sur les pages qui suivent. A noter que les flèches sont tracées à titre indicatif et que pour plus de précisions, il est possible de se référer aux photomontages fournis dans l'étude paysagère.



Figure 101 : Chemin d'accès à restaurer pour l'accès à E1

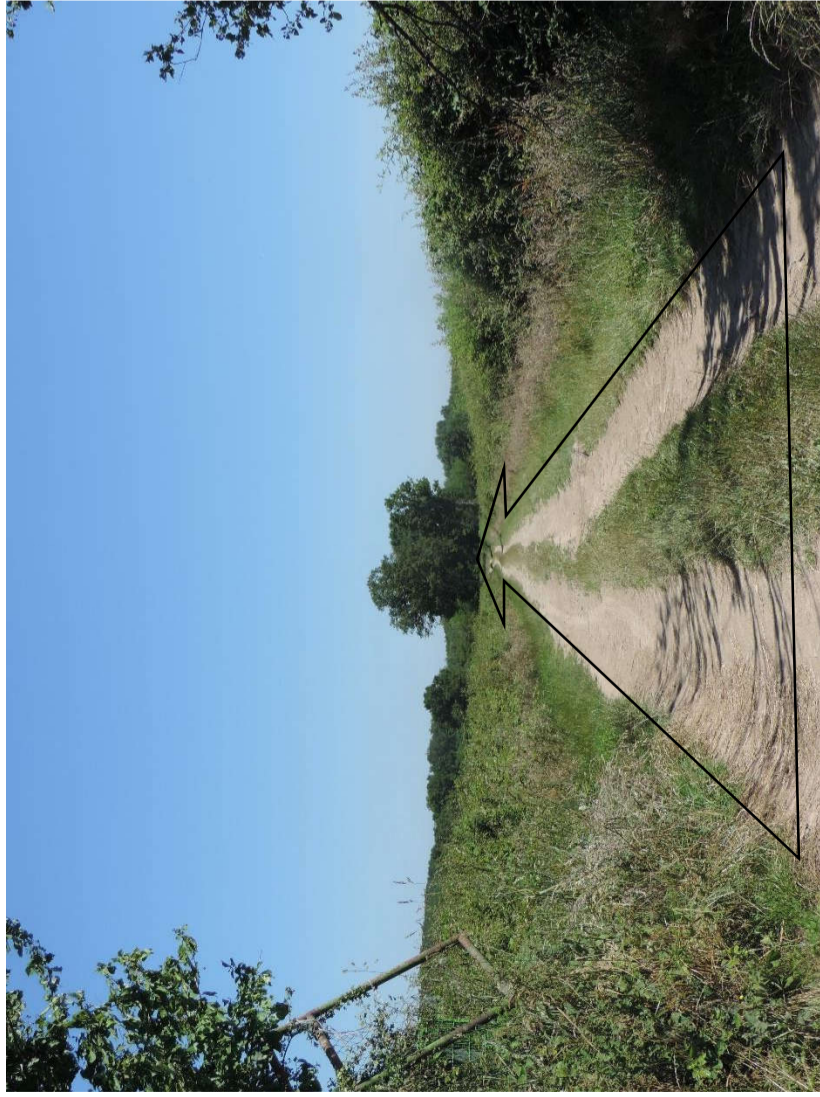


Figure 102 : Chemin d'accès à restaurer pour l'accès à E2



Figure 103 : Chemin d'accès à restaurer pour l'éolienne E3

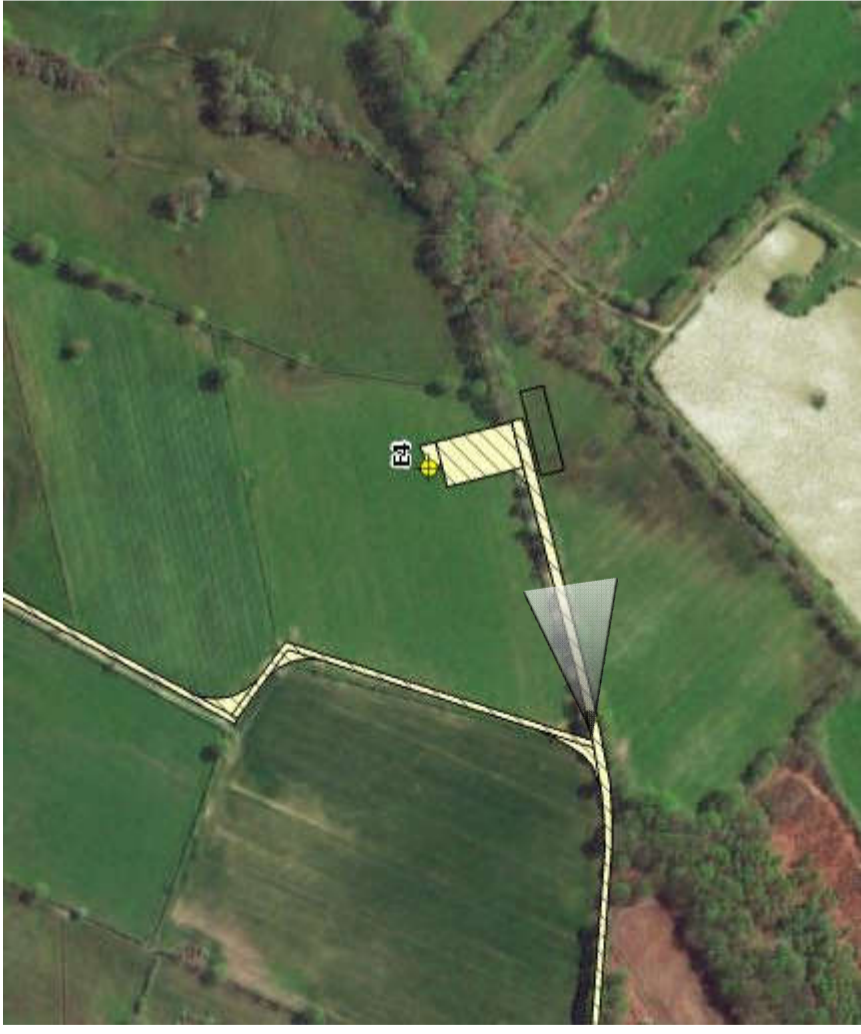


Figure 104 : Chemin d'accès à restaurer pour l'éolienne E4

III.3.4. CARACTERISTIQUES DU RACCORDEMENT ELECTRIQUE

- Le raccordement électrique du parc éolien se compose de plusieurs éléments :
- le réseau interne qui relie les éoliennes au poste de livraison ;
 - le poste de livraison ;
 - le raccordement externe qui relie le poste de livraison au réseau électrique public existant.

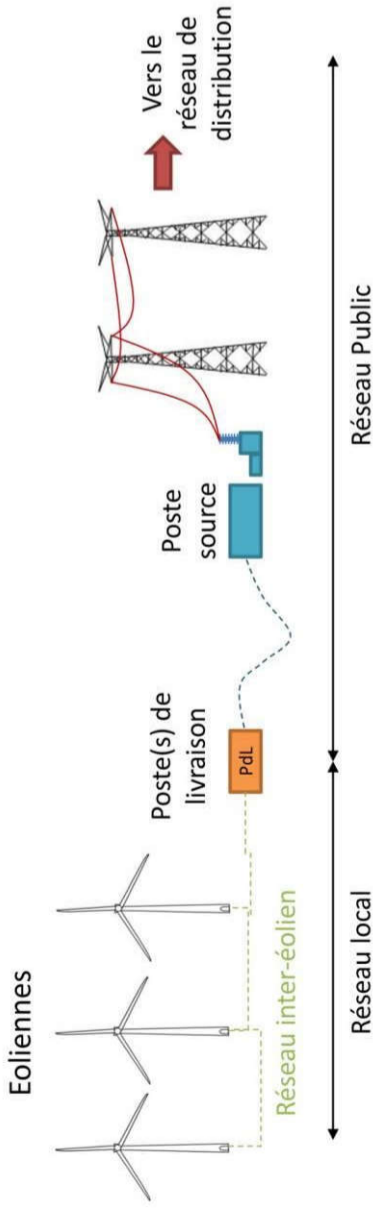


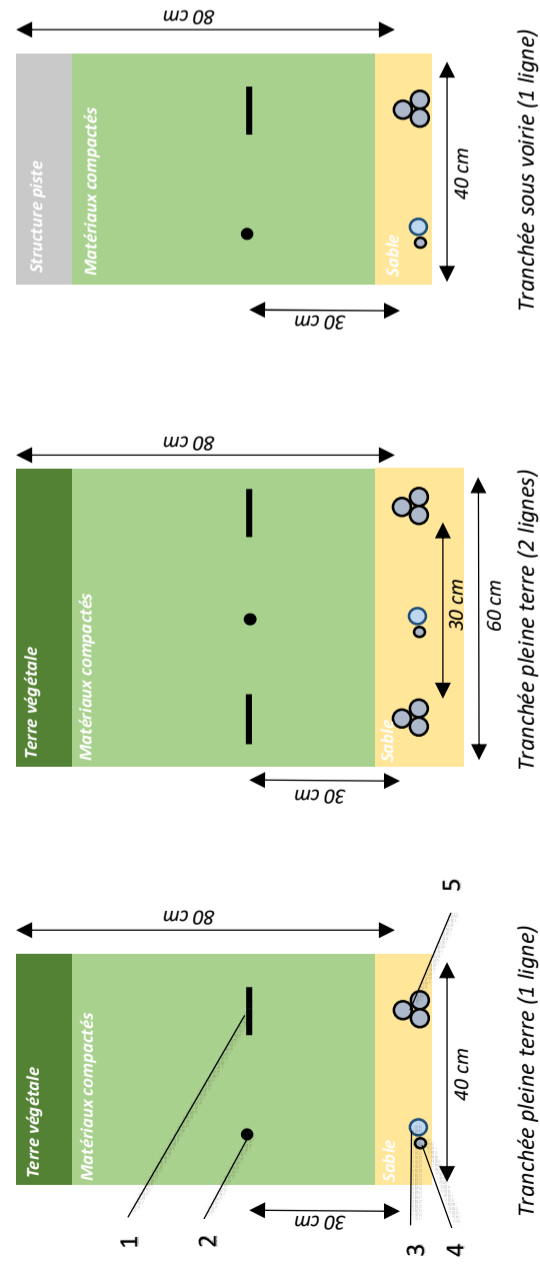
Figure 105 : Schéma-type de l'organisation du réseau électrique d'un parc éolien

III.3.4.1. Le raccordement interne : des éoliennes au poste de livraison

- Ce raccordement électrique interne est composé de plusieurs éléments :
- une ligne ou deux lignes de câbles Moyenne Tension (MT) permettant l'évacuation de l'électricité produite par les éoliennes,
 - un câble de Fibre Optique (FO) permettant la liaison entre les éoliennes et le centre de pilotage via le système SCADA,
 - un câble de Basse Tension (BT) permettant l'alimentation des composants électroniques de l'installation,
 - un fillet avertisseur positionné au-dessus des câbles MT pour avertir lors d'éventuels travaux (Cf. image ci-contre).



Ce réseau souterrain disposant d'une tension de service de 20 kV reliera les transformateurs situés dans chaque éolienne au poste de livraison localisé à l'Ouest de l'éolienne E3. Le schéma ci-dessous présente les coupes-type de tranchées utilisées pour le raccordement électrique interne du parc éolien. Celles-ci sont de plusieurs types, en fonction du nombre de lignes accueillies (ces dernières étant regroupées au sein d'une même tranchée afin de limiter les travaux et les impacts) et du passage ou non sous voirie (accotement et traversée) :



- 1 – Fillet avertisseur
- 2 – Câble conducteur en cuivre pour mise en terre (en option et non utilisé actuellement)
- 3 – Câble de fibre optique (FO)
- 4 – Câble de basse tension (BT)
- 5 – Câbles de moyenne tension (MT)

Figure 106 : Exemple de tranchée de raccordement électrique interne à une seule ligne ou à deux lignes

Le raccordement électrique des éoliennes jusqu'au poste de livraison, réalisé par le maître d'ouvrage, représentera une distance totale de câble enterré d'environ 2,3 kilomètres. L'itinéraire probable du raccordement est présenté sur le plan de masse disposé précédemment dans ce rapport.

Ce tracé empruntera, dès que possible, les bas-côtés des chemins d'accès qui auront été créés ou les limites des parcelles exploitées. Sa présence au sein des parcelles cultivées ne présente pas de contrainte particulière compte tenu de sa profondeur (0.8 m).

Le passage de câble fera l'objet des procédures de sécurité en vigueur. Pour le passage sous les voies de circulations, des mesures de sécurité seront prises afin de garantir la sécurité des ouvriers et celle des automobilistes (ex : signalisation, circulation alternée...). Suite aux travaux, la voirie sera restaurée au-dessus de l'emprise de la tranchée réalisée.

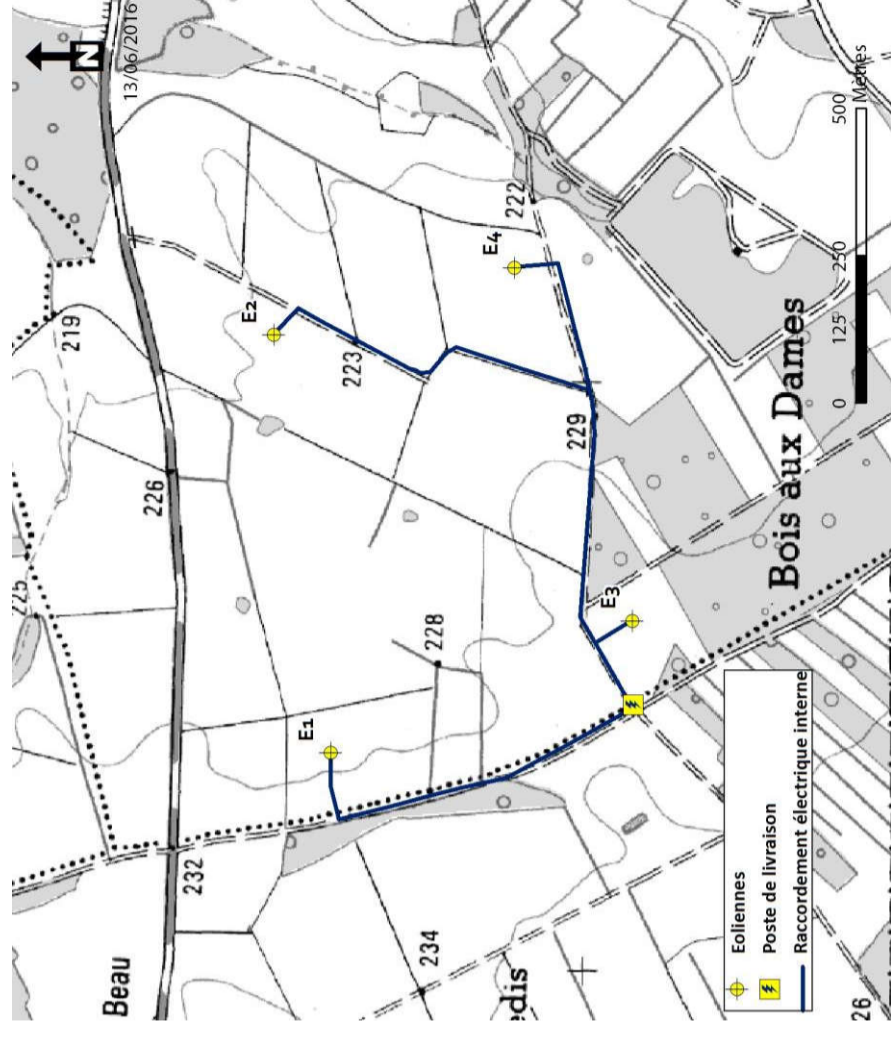


Figure 107 : Raccordement électrique interne du parc éolien BEAULIEU

Par ailleurs, conformément à l'arrêté du 26 août 2011, il est rappelé que les installations électriques extérieures respecteront les normes :

- NFC 15-100 (version compilée de 2008) - Installations électriques à basse tension,
- NFC 13-200 (version de 2009) - Installations électriques à haute tension.

III.3.4.2. Le poste de livraison : l'interface entre le parc éolien et le réseau électrique public

Le poste de livraison est le récepteur de la production électrique du parc. Il constitue donc le nœud de raccordement de l'ensemble des éoliennes, avant que l'électricité ne soit injectée sur le réseau électrique public. Il est donc à l'interface entre le parc éolien et son réseau électrique interne, et le réseau électrique public. Il marque ainsi la limite entre le réseau de l'exploitant du parc éolien et le réseau de l'opérateur national (RTE¹⁰). Il permet également de comptabiliser la quantité d'énergie apportée au réseau par le parc.

Il contient divers éléments électriques (cellules HTA, transformateur d'injection, coffret de distribution...) et de sécurité (extincteur...). Un local technique peut lui être accolé, afin de permettre la gestion du parc éolien depuis le site. Un exemple de poste de livraison type est présenté ci-dessous avec les dimensions suivantes : Longueur 9.3m, Largeur 2.5m, Hauteur 2.6m.

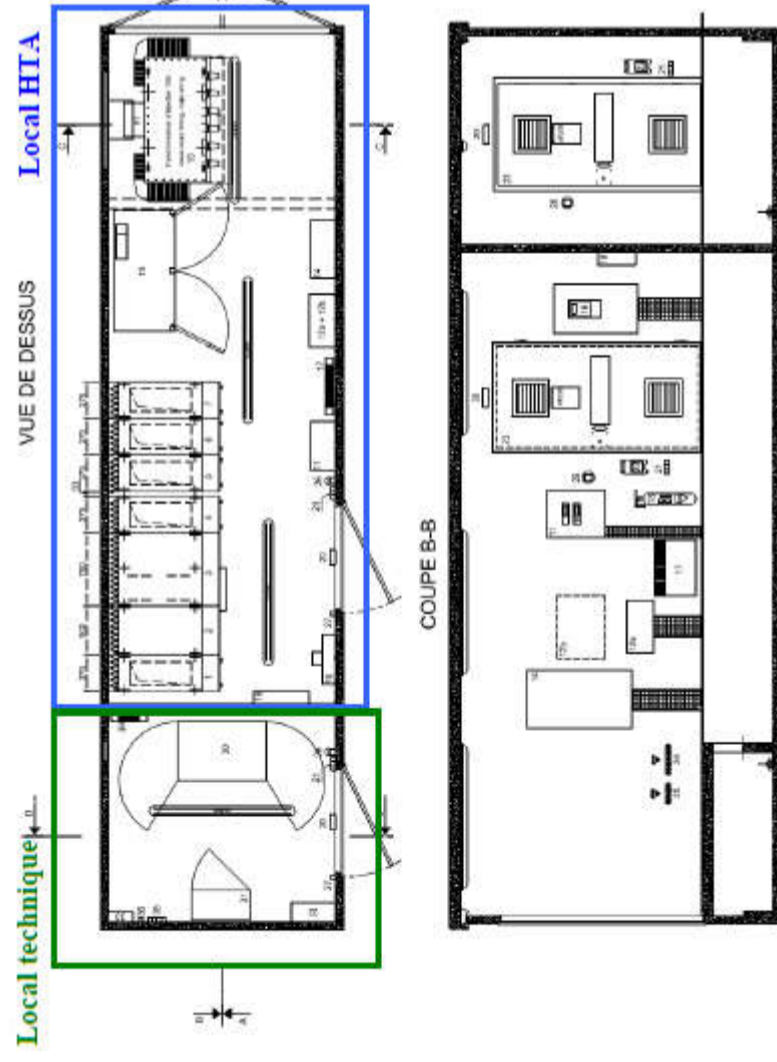


Figure 108 : Coupe-type d'un poste de livraison (Source : VESTAS)

La localisation exacte du poste de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste-source ou de la ligne électrique vers lequel l'électricité est ensuite acheminée. Le poste doit être accessible en voiture pour la maintenance et l'entretien. Des critères paysagers peuvent aussi entrer en ligne de compte afin d'intégrer au mieux cet élément dans le paysage. Ainsi, le poste installé sera habillé d'un bardage bois.

Pour le parc éolien BEAULIEU, le poste de livraison sera positionné à proximité de l'éolienne E3, derrière la haie longeant la route communale. Une plateforme d'une centaine de mètres carrés lui sera dédiée.

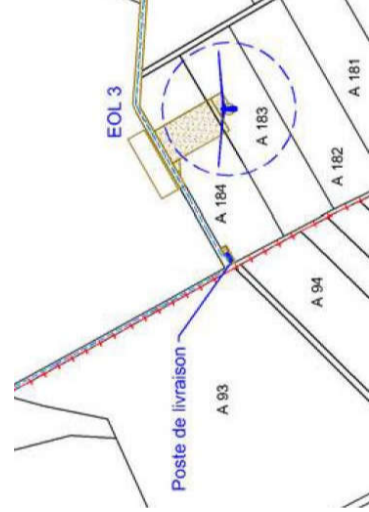


Figure 109 : Localisation du poste de livraison

III.3.4.3. Le raccordement externe : du poste de livraison au réseau électrique public

Le tracé et les caractéristiques de l'offre de raccordement seront définis avec précision lors de l'étude détaillée, qui ne pourra être réalisée par le gestionnaire de réseau qu'après obtention du permis de construire. Deux types de raccordements peuvent être envisagés :

- **Raccordement via un poste électrique existant du réseau de transport ou de distribution**

La solution de raccordement envisagée par défaut par les gestionnaires de réseaux est celle du raccordement au poste du réseau public d'électricité le plus proche pouvant accueillir la production (communément appelé « poste-source »). En fonction de leur puissance, les parcs éoliens peuvent ainsi être raccordés au réseau public de distribution (géré par ENEDIS ou un distributeur non nationalisé local) ou de transport (géré par RTE). Dans certains cas, il peut être envisagé de scinder un parc éolien de grande taille pour le raccorder grâce à plusieurs postes de livraison à un Réseau Public de Distribution.

- **Raccordement direct au réseau existant**

D'autres parcs, du fait de leur situation et des caractéristiques locales des réseaux publics, peuvent être préférentiellement raccordés sur le réseau existant (au niveau d'une ligne ou d'un câble). Dans ce cas de figure, deux solutions sont envisageables :

- Soit une connexion directe à une ligne Haute Tension du Réseau Publique de Transport (RPT) géré par Réseau de Transport de l'Electricité (RTE),
- Soit une connexion via un nouveau poste-source créé en « coupure » sur le réseau existant.

Pour le Parc éolien BEAULIEU, la solution envisagée actuellement par ENEDIS est la première, à savoir un raccordement via un poste électrique existant. Ce poste électrique sera celui de SAINT-LEGER –MAGNAZEIX en région Limousin. Ce poste source, localisé est distant du site du projet d'environ 7km au Sud. Des travaux de renforcement seront toutefois nécessaires par les gestionnaires de réseau afin d'augmenter la capacité réservée : renforcement ouvrages 90 kV, création entrée en coupure 90 kV dans le poste de la Souterraine, création d'un transformateur 36 MVA et renforcement d'un transformateur de 20 en 36 MVA.

En cas de saturation du poste de Magnazeix, le raccordement au poste source de ROUSSINES, sur la commune éponyme en région Centre-Val de Loire, pourrait être envisagé. Ce poste est plus loin, à une distance d'environ 12km du projet. Pour arriver à la capacité d'accueil prévue au S3REnR, des travaux seront nécessaires sur ce poste. Il y est prévu la mutation d'un transformateur de 15MVA en 36MVA pour débloquer de la capacité de transformation HTA/HTB. Le déblocage de la capacité ne dépend pas de travaux sur le Réseau Public de Transport d'électricité.

Selon les données mises à disposition par RTE et ENEDIS, ce poste dispose au 12 mai 2016 des caractéristiques suivantes :

Tableau 47 : Caractéristiques du poste-source de SAINT-LEGER MAGNAZEIX

	Capacité réservée aux EnR au titre du S3REnR (MW)	Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR, disponible vue du réseau public de transport* (MW)	Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR, restante sans travaux sur le poste source** (MW)	Capacité de transformation HTB/HTA restante disponible pour l'injection sur le réseau public de distribution*** (MW)
SAINT-LEGER – MAGNAZEIX	40	4	3.6	9.1
ROUSSINES	19.4	19.4	4.4	23.5

*Capacité disponible sans travaux dans la limite de la capacité réservée. Cette capacité reflète la capacité du réseau à accueillir une production supplémentaire à ce point du réseau de transport.

¹⁰ Réseau de Transport d'Electricité (Ouest)



**** Capacité d'accueil réservée au titre du S3REnR restante immédiatement disponible (capacité restante disponible sans réalisation de travaux de création ou de renforcement en application du schéma, diminuée de la puissance des installations de production relevant du S3REnR, entrées en file d'attente ou déjà en service).**

***** Capacité de transformation restante disponible pour l'injection au poste de transformation considéré (sans comptabiliser les projets faisant l'objet d'une demande de raccordement et n'ayant pas encore été mis en service ni la capacité d'accueil restante disponible réservée au titre du S3REnR)**

A noter par ailleurs que la quote-part unitaire actualisée applicable en 2016 selon le S3REnR de la Région Centre Val-de-Loire est de l'ordre de 22 360 €/MW pour le poste de SAINT-LEGER-MAGNAZEIX en région Limousin, et de 19 760 €/MW pour le poste des ROUSSINES en région Centre. Ces travaux seront réalisés par ENEDIS, qui en assurera la maîtrise d'ouvrage et qui définira précisément l'itinéraire et les modalités de passage des câbles lors de l'établissement de la "convention de raccordement" réalisée après l'obtention de l'autorisation environnementale.

Cette convention présente la solution technique du raccordement qui consiste en l'ensemble des prescriptions techniques auxquelles doit satisfaire l'installation de production pour être raccordée au réseau avec notamment un tracé techniquement et administrativement réalisable en conformité avec les dispositions du cahier des charges de la concession. La solution technique de raccordement est élaborée suite aux résultats d'études réalisées par ENEDIS selon les méthodes définies dans la Documentation Technique de Référence. La solution technique de raccordement est détaillée dans les Conditions Particulières de la convention de raccordement. Cette solution qui fait l'objet d'une notice d'impact est ensuite soumise à instruction par les services de l'Etat qui en font l'analyse.

Le passage de câble fera l'objet des procédures de sécurité en vigueur. Pour la traversée des départementales et des voies communales, des mesures de sécurité seront prises afin de garantir la sécurité des ouvriers et celle des automobilistes. A noter qu'une circulation alternée sera mise en place pour la traversée des routes. Le câble sera enterré en tranchée selon les standards du gestionnaire de réseau (ceux-ci pouvant être relativement proches de ceux présentés précédemment pour la liaison électrique interne du parc éolien) qui respecteront les règles fixées dans l'Arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique. S'il existe déjà des réseaux électriques enterrés sous les voies, on privilégiera tant que possible l'utilisation des mêmes emplacements tout en veillant à respecter les préconisations d'éloignement fixées dans l'arrêté du 17 mai 2001 modifié. Une fois la pose des câbles terminée, les tranchées seront remblayées et bitumées si nécessaire, de manière à restituer les voies dans leur état initial.



Figure 110 : Exemple de câble de raccordement électrique souterrain (Source : RTE)

La carte ci-contre illustre le tracé potentiel du raccordement électrique externe. Comme précisé ci-dessus, ce tracé n'est qu'indicatif car l'étude définitive ne sera réalisée par ENEDIS qu'une fois l'autorisation obtenue. Il convient toutefois de souligner dès maintenant que ce raccordement se fait très souvent en suivant le réseau routier existant, n'engendrant donc pas d'impact particulier sur les milieux avoisinants.



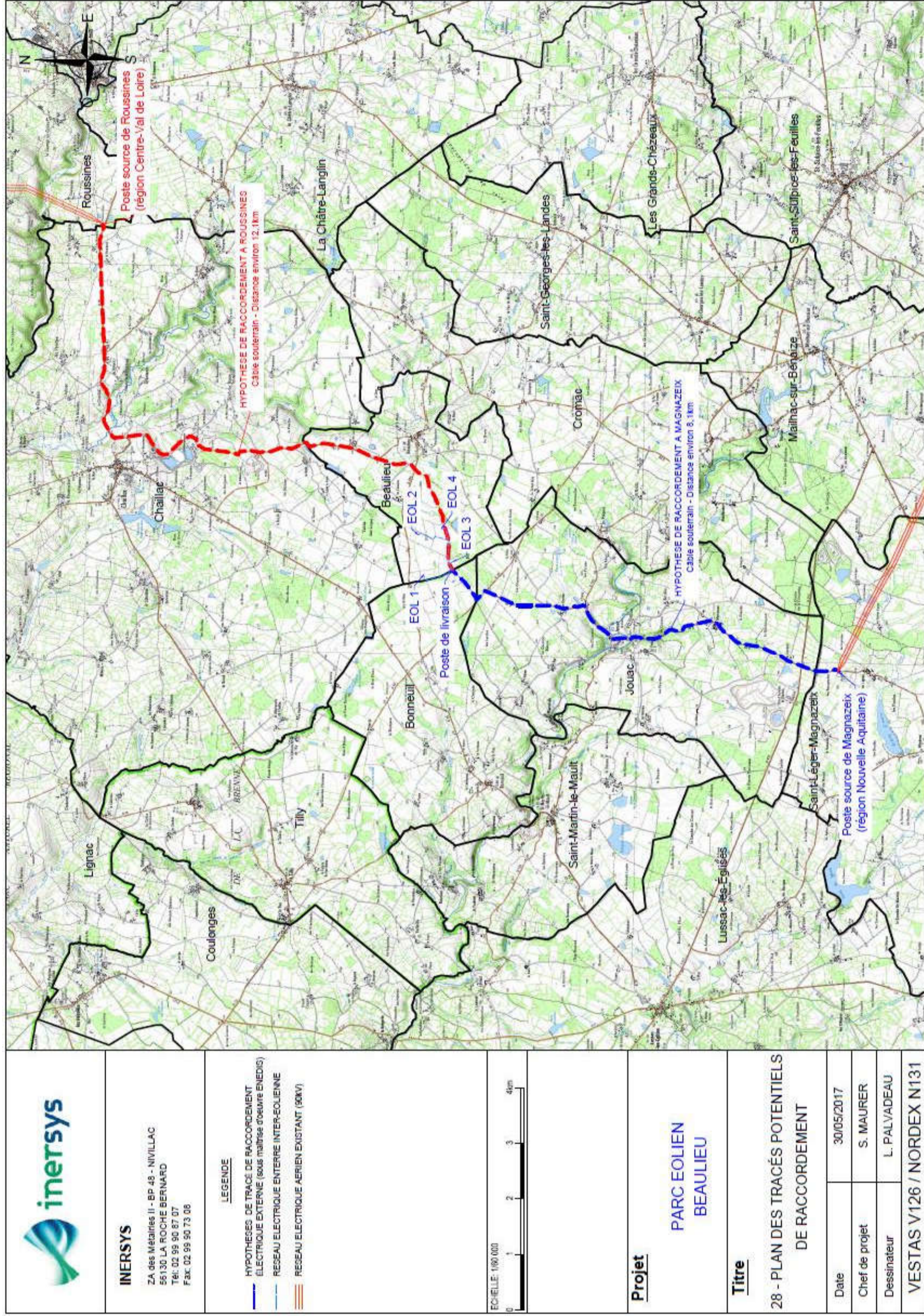


Figure 111 : Tracé potentiel du raccordement électrique externe vers les postes-sources de SAINT-LEGER – MAGNAZEIX ou ROUSSINES

III.4. DESCRIPTION DES ETAPES DE LA VIE DU PARC

III.4.1. CONSTRUCTION – PHASE CHANTIER

III.4.1.1. Déroulement du chantier

Le déroulement du chantier pour la construction d'un parc éolien est une succession d'étapes importantes. Elles se succèdent dans un ordre bien précis, déterminé de concert entre le porteur de projet, les exploitants et/ou propriétaires des terrains et les opérateurs de l'installation. Elles sont relativement similaires quelque soit le modèle d'éolienne installé.

- **La préparation des terrains**

La construction d'un parc éolien, aménagement d'ampleur, nécessite la préparation des terrains qui seront utilisés pour l'implantation et l'acheminement des éoliennes. Ainsi, des aménagements et/ou des constructions de routes et de chemins seront réalisés : aplanissement du terrain, arasement, élargissement des virages, ... En effet, les différents éléments des éoliennes sont lourds et également de grande dimension.



Figure 112 : Aplanissement du terrain

- **L'installation des fondations**

La création des fondations pourra se faire uniquement après la réalisation des expertises géotechniques. Ainsi, en fonction des caractéristiques et des particularités des terrains sur lesquels est envisagé le projet, les dimensions et le type de ferrailage des fondations seront déterminés. Une pelle-mécanique interviendra dans un premier temps afin de creuser le sol sur un volume déterminé. Puis des opérateurs mettront en place un ferrailage dont les caractéristiques seront issues des analyses géotechniques. Enfin, des camions-toupies déverseront les volumes de béton nécessaires. Ensuite le chantier sera interrompu pendant quelques semaines afin d'assurer le séchage du béton.



Figure 113 : Fouille de la fondation



Figure 114 : Préparation des fondations



Figure 115 : Ferrailage de la fondation



Figure 116 : Coulage du béton

- **Le stockage des éléments des éoliennes**

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



Figure 117 : Stockage des pales

Le déchargement de la nacelle est prévu à proximité des plateformes où une aire est spécialement aménagée pour la manœuvre du camion apportant la nacelle. Les pales sont déposées sur une zone prévue à cet effet qui doit être aplanie, dégagée et la végétation correctement coupée à ras en étant exempte de tout obstacle.

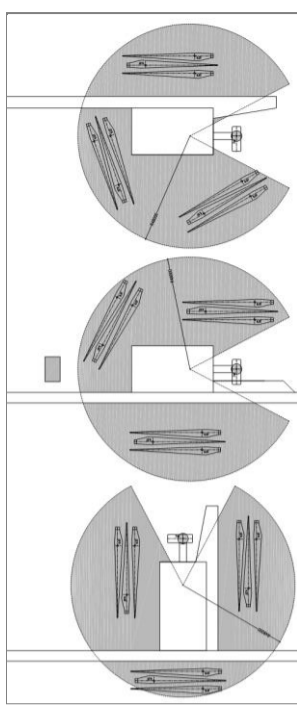
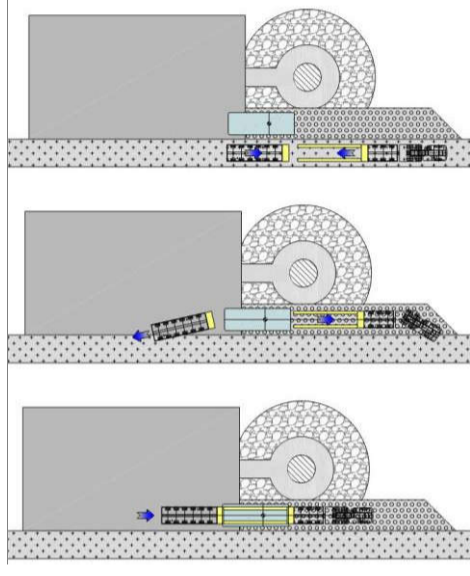


Figure 118 : Zone de stockage des pales

- **L'installation des éoliennes**

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

- **Préparation de la tour** : les surfaces de chaque section de la tour doivent être inspectées visuellement et l'intérieur de toutes les sections sont également inspectées avant de les lever à la verticale. On procède au nettoyage de la tour qui a été exposée à la boue et aux poussières lors de son transport. Des tests de tension des boulons sont effectués.



Figure 119 : Préparation de la tour

- 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.



Figure 120 : Assemblage de la tour

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 prévenu en sécurisant la tour grâce à un système de cordes.



Figure 121 : Assemblage des tronçons de mât



Figure 122 : Préparation de la nacelle

- Préparation de la nacelle : Quelques outils sont stockés dans la nacelle lorsqu'elle est levée (outils de serrage, câbles, etc...). Les capteurs de vent et le ballastage aéronautique sont installés en même temps que le VESTAS Cooler Top, au sol.

- Hisage 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.



Figure 123 : Hisage de la nacelle

La nacelle est ensuite hissée et fixée sur la tour.

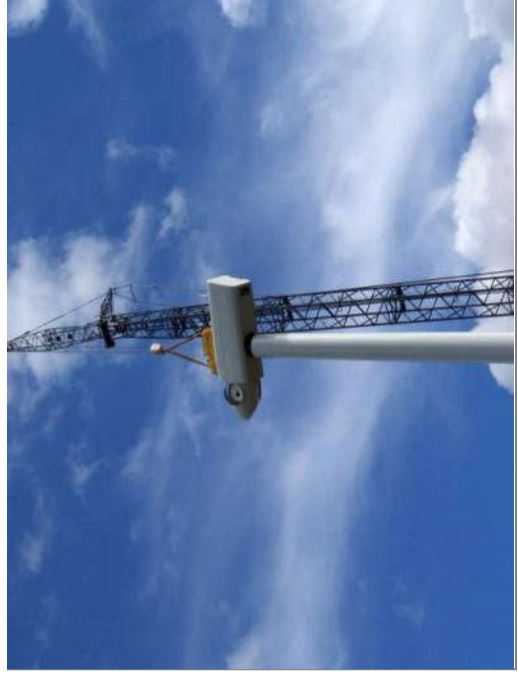


Figure 124 : Arrimage de la nacelle sur le mât

- Hisage du moyeu : deux méthodes sont utilisées selon la charge utile de la grue :
 - le moyeu peut être monté directement sur la nacelle au sol. L'ensemble nacelle et moyeu est alors hissé et fixé sur la tour ;
 - La nacelle est hissée sur la tour, le moyeu est hissé et fixé sur la nacelle dans un second temps.
- Montage des pales : le montage des pales est réalisé avec une grue et une pince de levage.



Figure 125 : Hissage des pales

La pale est hissée au niveau du moyeu. Des cordes sont utilisées pour guider la pale vers sa position définitive. Deux techniciens sont également nécessaires pour guider les gougeons en position, un au niveau du moyeu à l'intérieur et le deuxième à l'extérieur.



Figure 126 : Arrimage des pales à la nacelle

Après avoir fixé les gougeons de la pale sur le moyeu, les éléments de levage sont retirés.



Figure 127 : Retrait des éléments de levage

- **Installation du raccordement électrique**

L'énergie en sortie d'éolienne sera amenée dans un premier temps au poste de livraison installé sur le site (servant d'interface entre le réseau électrique et l'énergie produite par les éoliennes). Ensuite des câbles électriques seront posés (en souterrain) jusqu'au poste source prévu pour le raccordement.

Le tracé de raccordement inter-éolienne jusqu'aux postes de livraison et des postes de livraison au poste source suivra les chemins existants.



Figure 128 : Engin utilisé pour le creusement de la tranchée sur environ 1 m de profondeur

III.4.1.2. Durée du chantier

Le chantier du **parc éolien BEAULIEU** s'étalera sur 8 mois environ. Mais cette durée sera découpée en deux phases : la phase préparatoire au montage des éoliennes (création des chemins, des fondations) et la phase de montage des éoliennes et de raccordement.

Après le montage et les raccordements réseaux, une phase de mise en service regroupe différents tests pour valider le bon fonctionnement des machines

III.4.1.3. Trafic généré et circulation

La phase de construction du parc éolien nécessitera l'utilisation de divers engins de transports afin d'apporter sur site les éléments nécessaires à la construction. Concernant le trafic routier induit par le chantier, le tableau ci-dessous en fournit un estimatif.

Tableau 48 : Estimatif du trafic généré en phase chantier

Type d'infrastructure	Caractéristiques	Hypothèse	Total
Chemin d'accès à créer	Surface à aménager : 1 865 m ² Profondeur : 0,4 m Volume de terre à retirer : 746 m ³	1 camion benne = 18 m ³	Environ 42 camions
Plateformes de montage (+ stabilisé)	Surface à aménager : 8 365 m ² Profondeur : 0,4 m Volume de terre à retirer : 3 346 m ³	1 camion benne = 18 m ³	Environ 186 camions
Fondations	Diamètre : 20,5 à 22,2 m Profondeur max. : 2,64 à 3,4 m Nature : Béton et ferrailage Volume de béton par éolienne : 517 à 754 m ³ Volume de terre à retirer : 2 068 à 3 016 m ³	1 camion benne = 18 m ³ 1 camion toupie = 8 m ³ 3 camions pour le ferrailage par fondation	Environ 386 à 557 camions
Engins de levage	1 grande grue 1 petite grue	35 camions pour l'ensemble des engins de levage et contrepois	35 camions
Eoliennes	Hauteur totale : 180 m Rotor : trois pales de 63 à 65,5m Mât : 114 à 117 m (5 à 6 sections)	30 pour une éolienne	Environ 120 camions
Raccordement électrique interne	1 tranchée Longueur : 2300 m	1 camion pour la tranchée 1 camion pour 2500m de câble	2 camions
Poste de livraison	1 poste	1 camion par poste	1 camion
TOTAL			Entre 772 et 943 camions

Les engins de chantier emprunteront les pistes de desserte afin d'accéder aux pieds des éoliennes. Les plans de masse construction indiquent l'emprise des travaux sur les terrains concernés. Tous ces travaux ne sont pas simultanés. Certaines de ces emprises au sol peuvent donc avoir plusieurs fonctions.

Les travaux commenceront par la création des pistes d'accès et des aires de levage. Ils se poursuivront par le creusage et le coulage des fondations. Durant cette phase, des engins de terrassement sont présents sur les « aires de levages » et les camions de terre ou de béton circulent sur les pistes de construction et font demi-tour sur ces mêmes aires de levages, qui sont assez grandes pour le permettre (>900 m²).

Une fois les fondations coulées, le montage des éoliennes peut commencer. Durant cette phase, les aires de grutage permettent l'installation des grues. Deux grues sont présentes sur sites : une pour le portage et l'autre pour le guidage. Les pâles sont montées une fois que la nacelle et le moyeu sont montés sur la dernière section de tour. Les camions contenant les pâles et la nacelle empruntent les pistes de construction, déposent leur chargement avec l'aide d'une grue et ressortent en marche arrière par le même chemin ; cette manœuvre est possible grâce aux remorques « rétractables » utilisées pour le transport de ce type de chargement. Des aires de stockage accueilleront chacun des composants des éoliennes. Pour des raisons paysagères et environnementales, les terrains sont ensuite remis en état, les pistes d'accès aux éoliennes sont réduites à 5 mètres de large avec effacement des virages.

III.4.1.4. Gestion des déchets en phase chantier

La gestion des déchets de chantier est un enjeu aussi important pour les générations futures que peut être les énergies renouvelables. Elle impose que tous les intervenants dans l'acte de construire, sans exception, soient concernés et impliqués dans l'élimination des déchets.

Ainsi, le maître d'ouvrage s'impose à lui-même, ainsi qu'à l'ensemble des intervenants de la chaîne de construction, d'entretien et de démantèlement des éoliennes, de gérer l'élimination et la gestion des déchets.

Le Code de l'Environnement, dans son article L. 541-2, fixe le cadre légal de cette obligation :

"Tout producteur ou détenteur de déchets est tenu d'en assurer ou d'en faire assurer la gestion, conformément aux dispositions du présent chapitre. Tout producteur ou détenteur de déchets est responsable de la gestion de ces déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers. Tout producteur ou détenteur de déchets s'assure que la personne à qui il les remet est autorisée à les prendre en charge."

Pour répondre à cette obligation, VESTAS propose le déploiement de deux types de contenants en fonction des déchets générés :

- Déchets industriels dangereux (type DID) : Fourniture d'une benne aménagée avec des contenants adaptés pour les entreposer et les collecter (Eoltainer) ;
- Déchets industriels non dangereux (type DIND) : Fourniture de 3 bennes de 15 m³ et/ou 30 m³ (Carton/Plastique, DIND en mélange et Bois).

A la fin du chantier, l'Eoltainer et les 3 bennes à DIND sont récupérés par le prestataire pour traiter les déchets et fournir un reporting par parc (type de déchets, tonnage, traitement, etc.). Pour l'Eoltainer, le plan ci-après détaille son agencement. Il disposera des caractéristiques suivantes :

- Volume utile : 30 m³
- Ouverture totale à l'arrière avec 2 portes avec cadenas à code
- Toit fixe avec puits de lumière
- Aménagement interne avec bac, futs et caisses arimés aux parois
- Une signalétique mise en place sur les contenants.
- La signalétique précisera les déchets acceptés et les consignes de tri et/ou de conditionnement
- Affichage des consignes de sécurité

Les choix initiaux des contenants internes de l'Eoltainer peuvent évoluer.

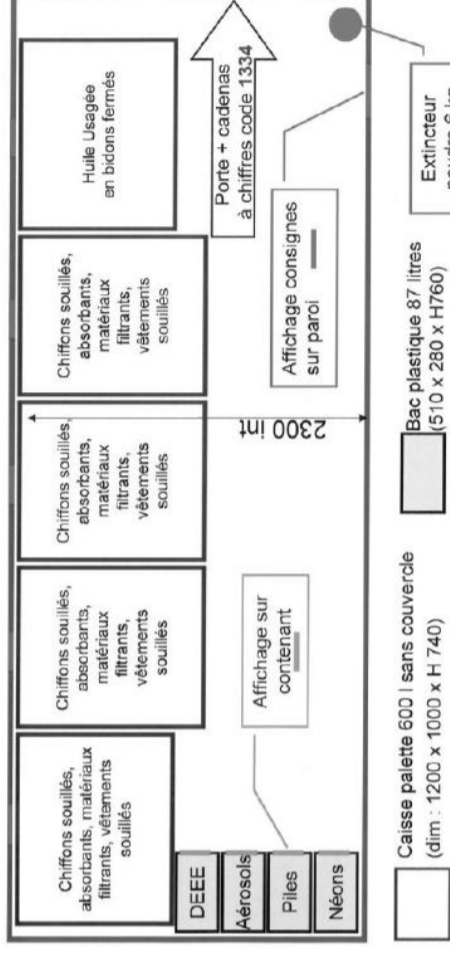


Figure 129 : Agencement de l'Eoltainer servant à récupérer les déchets (Source : VESTAS)



Figure 130 : Illustrations des équipements de gestion des déchets (Source : VESTAS)

Un système similaire est aussi prévu par le constructeur NORDEX, avec deux contenants installés en phase chantier :

- le premier sera dédié aux déchets dangereux : Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques, huiles, aérosols...
- le second sera consacré aux déchets non-dangereux : cartons, emballages...

Chacun d'entre eux sera pourvu de plusieurs bacs de tri permettant la séparation des différentes matières. Ces contenants seront collectés par un prestataire spécialisé qui se chargera de l'élimination ou la valorisation des déchets collectés dans les filières appropriées. Un bordereau de suivi des déchets sera mis à disposition du constructeur afin de retracer le parcours du déchet collecté



III.4.1.5. Fin de chantier

En fin de chantier, les plates-formes et les accès seront nettoyés. Les plates-formes de montage et les chemins d'accès seront conservés en prévision des opérations de maintenance et de démantèlement à la fin de l'exploitation. Les différents chemins et voies d'accès empruntés pendant le chantier, seront, si besoin, remis en état.

III.4.2. EXPLOITATION

III.4.2.1. Principales caractéristiques de l'exploitation

En premier lieu, il convient de rappeler que l'exploitation d'un parc éolien est prévue pour une durée d'environ 20 à 25 ans. A l'issue de ce délai, sauf volonté de poursuivre l'exploitation, l'exploitant procédera à son démantèlement (Cf. chapitre suivant).

En phase exploitation, les éoliennes produiront de l'électricité qui sera injectée sur le réseau public. La production estimée est disponible au chapitre III.2.3. Production attendue. L'emprise du projet en phase exploitation correspondra à celles des fondations (une majeure partie étant recouverte de terre), des plateformes de montage et des chemins d'accès.

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle implique la consommation de lubrifiants. Les transports d'huiles, de liquide de refroidissement et de graisse se font dans leur emballage d'origine ou contenants adaptés. Ils sont hissés du sol jusqu'à la nacelle grâce au palan interne. Les huiles usagées sont récupérées et traitées par une société spécialisée (valorisation, réutilisation des huiles).

III.4.2.2. Maintenance du parc éolien

Durant la phase d'exploitation, la turbine fonctionnera grâce à un système automatisé qui surveille en permanence les paramètres de fonctionnement à l'aide de divers capteurs. Un suivi à distance du parc éolien sera assuré via le système SCADA.

Des opérations d'entretien et de maintenance du parc éolien seront également menées par l'antenne locale du constructeur, et permettront de garantir la pérennité du parc en termes de production et de sécurité.

Des détails concernant les modalités de réalisation de la maintenance sont disponibles au sein des documents joints à la présente Demande d'Autorisation Unique (Cf. Pièce n°3 - Description de la demande et Pièce n°5.1 - Etude de Dangers).

III.4.2.3. Gestion des déchets en phase exploitation

VESTAS a mis en place en 2011 le système d'Eol'tainer, dans le but d'améliorer la gestion des déchets et de respecter les objectifs environnementaux fixés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Ces containers sont mis à disposition des techniciens directement sur site pendant le chantier, comme vu précédemment, mais aussi lors des phases de maintenances programmées. Durant les maintenances correctives, le tri est effectué au centre de maintenance. Les déchets non dangereux sont triés au centre de maintenance dans des contenants adaptés. Leur collecte et leur élimination sont assurées par des sociétés spécialisées. A l'issue du service, l'Eol'tainer est récupéré par le prestataire qui assure le traitement des déchets en centre agréé, et qui nous fournit ensuite un suivi sur chaque parc. Le contrôle et la traçabilité des déchets jusqu'à leur élimination finale sont assurés grâce à l'édition d'un BSD (Bordereau de Suivi des Déchets), qui est une obligation réglementaire. Ces BSD sont ensuite mis à disposition de l'exploitant via le Customer Portal.

De son côté NORDEX ne réalise aucun stockage de ces déchets sur le site du projet, ces derniers étant rapportés par les techniciens à la base de maintenance. Une fois là-bas, ils sont ensuite triés dans des contenants spécifiques puis collectés par un prestataire spécialisé qui se chargera de l'élimination ou la valorisation des déchets collectés dans les filières appropriées. Un bordereau de suivi des déchets sera mis à disposition du constructeur afin de retracer le parcours du déchet collecté. Ce système actuel de gestion de déchets pourra être amené à évoluer en fonction des évolutions réglementaires afin de répondre aux nouvelles exigences.

III.4.2.4. Opérations de suivi écologique

Par ailleurs, lors de l'exploitation du parc, des sorties visant à assurer le suivi avifaunistique et chiropérologique permettront d'évaluer les relations existantes entre le parc et son environnement conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.

III.4.3. DEMANTELEMENT ET REMISE EN ETAT

Les éoliennes ont une durée de vie estimée de 20 à 25 ans. Au terme de son activité, se posera donc la question du devenir du parc éolien. Si l'exploitant ne souhaite pas poursuivre son activité, alors il devra procéder au démantèlement du parc éolien suivant les dispositions réglementaires suivantes.

III.4.3.1. Dispositions réglementaires

La loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle 2, renforce les obligations de démantèlement qui pèsent sur les exploitants des éoliennes dans son article 90 modifiant l'article L.553-3 du Code de l'Environnement.

Conformément à l'article R.553-1 du Code de l'Environnement et suivants (arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014), les opérations de démantèlement et de remise en état comprendront :

1. Le démantèlement des installations de production d'électricité, des postes de livraison ainsi que les câbles dans un rayon de 10 mètres autour des aérogénérateurs et des postes de livraison.
2. L'excavation des fondations et le remplacement par des terres de caractéristiques comparables aux terres en place à proximité de l'installation :
 - sur une profondeur minimale de 30 centimètres lorsque les terrains ne sont pas utilisés pour un usage agricole au titre du document d'urbanisme opposable et que la présence de roche massive ne permet pas une excavation plus importante ;
 - sur une profondeur minimale de 2 mètres dans les terrains à usage forestier au titre du document d'urbanisme opposable ;
 - sur une profondeur minimale de 1 mètre dans les autres cas.

3. La remise en état qui consiste en 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.

Le montant de ces garanties constituées sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent et notamment ces annexes.

La garantie financière est donnée par la formule :

$$M = N \times Cu$$

Où :

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

Cu est le coût unitaire forfaitaire correspondant au démantèlement d'une unité, à la remise en état des terrains, à l'élimination ou à la valorisation des déchets générés. Ce coût fixé à 50 000 euros sera réactualisé au moment de l'obtention de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter.

La garantie financière du **projet éolien de BEAULIEU** sera de : **4 x 50 000 = 200 000 euros**. Le détail des modes constitution des garanties financières ainsi que les formules de calculs des coûts sont disponibles au sein de la Pièce n°3 : Description de la Demande.

L'exploitant du projet de parc éolien objet du dossier s'engage donc à constituer un fond de **200 000 €** en prévision du démantèlement des futures éoliennes.

Conformément à l'arrêté du 6 novembre 2014, l'exploitant réactualisera tous les cinq ans le montant susmentionné en se basant sur la formule d'actualisation des coûts présente en annexe II de l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et



à la constitution des garanties financières. Par ailleurs, ces garanties financières seront constituées dans les conditions prévues aux I, III et V de l'article R. 516-2 et conformément à l'arrêté du 31 juillet 2012 relatif aux modalités de constitution de garanties financières prévues aux articles R. 516-1 et suivants du Code de l'Environnement.

III.4.3.2. Les étapes du démantèlement

Les différentes étapes d'un démantèlement sont les suivantes :

1	Installation du chantier	Mise en place du panneau de chantier, des dispositifs de sécurité, du balisage de chantier autour des éoliennes et de la mobilisation, location et démobilité de la zone de travail.
2	Découplage du parc	Mise hors tension du parc au niveau des éoliennes ; mise en sécurité des éoliennes par le blocage de leurs pales ; rétablissement du réseau de distribution initial, dans le cas où EDF ne souhaiterait pas conserver ce réseau.
3	Démontage des éoliennes	Procédure inverse au montage. Revente possible sur le marché de l'occasion ou à un ferrailleur.
4	Démantèlement des fondations	Retrait d'une hauteur suffisante de fondation permettant le passage éventuel des engins de labours et la pousse des cultures.
5	Retrait du poste de livraison	Revente possible sur le marché de l'occasion.
6	Remise en état du site	Retrait des aires de grues, du système de parafoudre enfoui près de chaque éolienne et réaménagement de la piste.

Tableau 49 : Les différentes étapes du démantèlement d'un parc éolien

A noter que la société VESTAS a souhaité mettre en place un processus de démantèlement bien défini pour ses éoliennes. Des manuels de recommandations stipulant la procédure de démantèlement existent pour tous les modèles d'éoliennes VESTAS.

Ces documents décrivent les principales activités du processus de démantèlement allant du démantèlement de la turbine jusqu'aux préparatifs pour un transport ultérieur. La procédure de démantèlement est prévue avec l'objectif de remettre la turbine en service sur un autre site. Les instructions visent donc à préserver les composants dans un état réutilisable. Par conséquent, aucune instruction n'est donnée pour l'élimination des composants des turbines. Dans le cas où la turbine est vouée à être détruite, des méthodes d'élimination des composants peuvent être utilisés pour réduire la charge de travail et le temps utilisé pour le processus de démantèlement, mais ces méthodes ne sont pas suggérées ni recommandées dans les documents cités précédemment.

Dans de bonnes conditions météorologiques, le temps consacré au démantèlement d'une éolienne est estimé à deux jours. Suite à ce démantèlement, les terrains concernés par le parc éolien pourront retrouver un usage agricole. En effet comme présenté précédemment, la réglementation prévoit un retrait des aménagements ainsi qu'un remplacement par des terres comparables à celles existantes. Ces mesures permettront donc une mise en culture des terrains.

III.4.3.3. Gestion des déchets lors du démantèlement

Les éoliennes sont essentiellement composées de fibres de verre et d'acier. Mais en réalité, la composition d'une éolienne est plus complexe et d'autres composants interviennent tel le cuivre ou l'aluminium. Ont été identifiés, dans un premier temps, les différents types de déchets puis dans un second temps leurs destinations une fois que l'éolienne sera démontée.

- **Identification des types de déchets**

- **Les pales** : le poids des trois pales atteint entre 36 et 53 tonnes selon le modèle d'éolienne. Elles sont constituées de composites de résine, de fibres de verre et de carbone. Ces matériaux pourront être broyés pour faciliter le recyclage.
- **La nacelle** : le poids de la nacelle vide est de 60 à 70 tonnes. Elle est composée de différents matériaux : 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. En ce qui concerne les éoliennes du projet, leur poids varie autour de 300 tonnes. Le mât est principalement composé d'acier, qui est facilement recyclable. Des échelles sont aussi présentes à l'intérieur du mât. De la ferraille d'aluminium sera donc récupérée pour être recyclée.

- **Le transformateur et les installations de distribution électrique** : chacun de ces éléments sera récupéré et évacué conformément à l'ordonnance sur les déchets électroniques.

- **La fondation** : la fondation est détruite sur une profondeur de 30 centimètres à 2 mètres, conformément à l'article 1 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution des garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie du vent. Par conséquent, du béton armé sera récupéré. L'acier sera séparé des fragments et des caillasses.

- **Identification des voies recyclages 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, ...). En 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'aluminium** : Comme l'acier, l'aluminium se recycle à 100 %. Une fois récupéré, il est chauffé et sert ensuite à fabriquer des pièces moulées pour des carter de moteurs de voitures, de tondeuses ou de perceuses, des lampadaires, ...

- **Huiles et graisses** : Les huiles et graisses seront récupérées et traitées dans des filières de récupération spécialisées. Notamment, l'article 20 de l'arrêté ICPE du 26 août 2011 stipule que les déchets doivent être éliminés dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 du Code de l'Environnement. Le brûlage de déchets à l'air libre est interdit. L'article 21, de ce même arrêté, précise que les déchets non dangereux et non souillés par des produits toxiques sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des filières autorisées. Les déchets d'emballage doivent être éliminés par réemploi (valorisation) ou tout type permettant d'obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie.

A noter que le taux de recyclage moyen des éoliennes VESTAS V112 – 3.0 MW (modèle proche des V126) a été estimé à 81%.