



COMMUNE DE COURT
CANTON DE BERNE



Parc éolien de Montoz – Pré Richard

**Concept de chantier et plan de gestion
des matériaux terreux**

Pièce B2-2b

Indice	Description de l'évolution du document	Date
<i>a</i>	<i>Version pour information et participation</i>	12.04.2016
<i>b</i>	<i>Version pour examen préalable</i>	13.06.2016
<i>c</i>	<i>Dépôt public</i>	11.04.2018

Energie Service Biel/Bienne (ESB) – Commune de
Court
Canton de Berne

RAPPORT

Parc éolien de Montoz - Pré Richard

Concept de chantier
Plan de gestion des matériaux terreux

Pièce B2-2b

Mars 2018



GROUPE DE TRAVAIL

Direction de projet

E. Contesse

Collaboration

N. Berdat

Fichiers concernés

438.02 rapport 20160201 PG mat terreux B2-2b

438 tab 20160308 calculs volumes_emprises sols

438 plan 00 20160303 plan travail sol

TABLE DES MATIERES

1	Introduction.....	1
2	Planification de chantier	2
2.1	Calendrier prévisionnel	2
2.2	Répartition des lots.....	2
2.3	Phases de construction	2
3	Principes constructifs	4
3.1	Accès et tronçons.....	4
	3.1.1 Adaptation des accès existants.....	5
	3.1.2 Aménagement des nouveaux accès.....	7
3.2	Câblages souterrains	8
	3.2.1 Chemins en chaille	8
	3.2.2 Routes goudronnées.....	9
3.3	Place de transbordement.....	9
3.4	Construction des turbines	10
	3.4.1 Emprises de chantier.....	10
	3.4.2 Fondation.....	10
	3.4.3 Place de montage.....	11
	3.4.4 Place de stockage des pales	12
	3.4.5 Emprise de montage et de stockage	12
	3.4.6 Accès	13
	3.4.7 Schéma de restitution des emprises des places de montage.....	13
4	Bilan des matériaux terreux	14
4.1	Données de base	14
4.2	Volumes.....	15
4.3	Equilibre du bilan des matériaux terreux.....	17
5	Protection des sols	18
5.1	Planification des travaux	18
5.2	Suivi pédologique de la phase de réalisation	18
	5.2.1 Études préliminaires	18
	5.2.2 Phase de construction	19
	5.2.3 Remise en état	20
	5.2.4 Phase de restitution.....	21
	5.2.5 Cahier des charges du SER.....	22

1 INTRODUCTION

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du Plan de quartier valant permis de construire du Parc éolien de Montoz - Pré Richard. Il a une double vocation de Concept de chantier et de Plan de gestion des matériaux terreux.

Ainsi, la première partie du document précise la planification de la phase de réalisation du projet. Il décrit le calendrier envisagé et définit la répartition des lots du chantier. Les principes constructifs des infrastructures provisoires et définitives sont ensuite développés. Il est ici expliqué de quelle façon est planifiée la réalisation des installations et la remise en état des diverses emprises de chantier.

La troisième partie présente le bilan de matériaux terreux. Celui-ci est basé sur la comparaison des volumes de matériaux décapés et de matériaux utilisés pour la remise en état des emprises temporaires du chantier. Il permet de prévoir les éventuels excédents ou déficits de matériaux terreux. Ces prévisions permettront d'anticiper les problèmes qui pourraient se poser et d'optimiser ainsi la planification du chantier.

Enfin, les principes de protection des sols qui seront appliqués dans les différentes phases du chantier sont présentés dans la dernière partie du document. Ces éléments complètent les informations du Rapport d'Impact sur l'Environnement (RIE), dont la fiche de mesure SOL-III dresse le cahier des charges du domaine Sol du Suivi Environnemental de la phase de Réalisation (SER).

La carte des sols (cf.: pièce B2-2a) donne une vue d'ensemble des sols concernés par le projet et de leur type. A noter que la mesure SOL-IV prévoit un complément de cartographie des sols. Dans ce rapport, des schémas sont incorporés au texte afin d'illustrer la description technique de certaines installations. Pour plus de précisions, le lecteur peut se référer aux plans du dossier de permis de construire, au plan de quartier et au rapport d'impact sur l'environnement.

2 PLANIFICATION DE CHANTIER

2.1 CALENDRIER PRÉVISIONNEL

La construction des fondations des turbines en acier dure en règle générale environ 2 mois. Il faut ensuite attendre encore 28 jours, de sorte que le béton atteigne la résistance exigée, planifiée à la mi-juillet.

Il sera donc probablement possible de commencer mi-juillet 2020 avec le montage des installations avec la grue à mât treillis selon un rythme de 2 semaines par turbine, de manière à ce que le montage soit terminé fin octobre.

Le raccordement des turbines pourra débuter immédiatement après le début du montage de la première turbine, ce qui permettrait de réaliser l'objectif visant à raccorder toutes les turbines au réseau en novembre.

Condition : l'entrée en force du permis de construire est effective au début de l'année.

Forages d'exploration :	une année avant le début du chantier
Début de chantier :	avril 2020, dès que les conditions le permettront
Raccordement des éoliennes :	novembre 2020, avant la neige
Remise en état :	dès la fin du montage des aérogénérateurs
Restitution des sols et ensemencements :	printemps 2021
Durée totale :	1-2 ans

2.2 RÉPARTITION DES LOTS

Afin de réaliser les travaux simultanément, le chantier sera divisé en 3 à 4 lots. La répartition exacte de ces lots n'est pas encore connue.

2.3 PHASES DE CONSTRUCTION

PLANIFICATION DES LOTS

Préparation des accès et travaux de génie civil (préparation des fondations)

La construction des routes d'accès et les travaux d'excavation doivent débuter en avril, directement après la fonte des neiges.

Câblages souterrains

Réalisés conjointement à la préparation des accès, auxquels ils sont liés.

Montage des aérogénérateurs

Le montage des turbines doit débuter au plus tard à la mi-juillet. Les entrepreneurs ont ainsi assez de temps pour la construction des fondations et des places de montages. Le montage des tours en acier débutera immédiatement après l'obtention de la résistance de béton nécessaire afin que les turbines puissent être raccordées au réseau avant l'arrivée de l'hiver.

Raccordement des éoliennes

L'objectif est de pouvoir raccorder fin novembre les 7 éoliennes au réseau.

Remise en état

Le démantèlement et le réaménagement des emplacements de montage et des voies d'accès avec de l'humus débuteront immédiatement après la fin du montage si les conditions météorologiques permettent une remise en place des sols et un réensemencement. Si les conditions ne sont pas favorables, la remise en place des sols et les semis interviendront au printemps de l'année suivante. La durée du chantier sera donc de 1-2 ans pour un mât en acier.

Restitution des sols sur les emprises temporaires

Selon les directives du responsable sol du SER. Dans tous les cas, il faut prévoir que les surfaces remises en culture ne devront pas servir de pâturage durant les deux premières années et seront clôturées (en fonction de la période de réensemencement).

3 PRINCIPES CONSTRUCTIFS

Remarque préliminaire

Afin d'éviter des redondances, les principes de **protection des sols** concernant leur travail, manipulation, stockage et remise en état sont décrits dans le **chapitre 5**.

3.1 ACCÈS ET TRONÇONS

Les chemins en enrobé de 4m de largeur empruntés dans le cadre du projet seront utilisés tels quels, sans modification. Ils seront le cas échéant remis en état à la fin du chantier. En revanche, le gabarit de 3m des chemins existants en chaille et en enrobé devra être élargi temporairement à 4m. Les nouveaux chemins seront aménagés en chaille et présenteront un gabarit de 4m qui sera ramené à 3m à la fin des travaux. Le détail des aménagements prévus pour les différents accès et tronçons est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1: Présentation des différents aménagements prévus pour les accès aux turbines et les tronçons empruntés durant les travaux.

Secteur	Type d'aménagement
Accès T1 à T7	Création de nouveaux accès en chaille
Tronçon 1	Élargissement provisoire de la chaussée
Tronçon 2	Correction de la géométrie (décapage) et élargissement de la chaussée
Tronçon 3	Élargissement provisoire de la chaussée
Tronçon 4	Modification du carrefour direction Court, adaptation de la chaussée en direction de Court (chaussée existante non décapée)
Tronçon 5	Élargissement provisoire de la chaussée
Tronçon 6a et 6b	a) Modification du tracé et aménagement d'une nouvelle piste en chaille b) Élargissement de chemin en chaille
Tronçon 7a et 7b	Élargissement de chemin en chaille
Tronçon 8	Modification du carrefour direction la Bergerie, et de la chaussée en direction de la Bergerie (chaussée existante non décapée)
Tronçon 9	Élargissement de chemin en chaille
Tronçon 10	Élargissement de chemin en chaille
Tronçon 11	Élargissement de chemin en chaille
Tronçon 12	Élargissement de chemin en chaille

3.1.1 Adaptation des accès existants

Aménagement

Élargissement des chemins existants en chaille ou en enrobé à un gabarit de 4m. Les caractéristiques techniques et constructives sont les suivantes :

1. Décapage de l'horizon A et B sur l'emprise de l'élargissement, dans la plupart des cas 1m de largeur environ.
2. Stockage en tas séparés des horizons A et B sur des aires de stockage.
3. Chargement et tassement du coffre de chaille (h finale = 40cm).

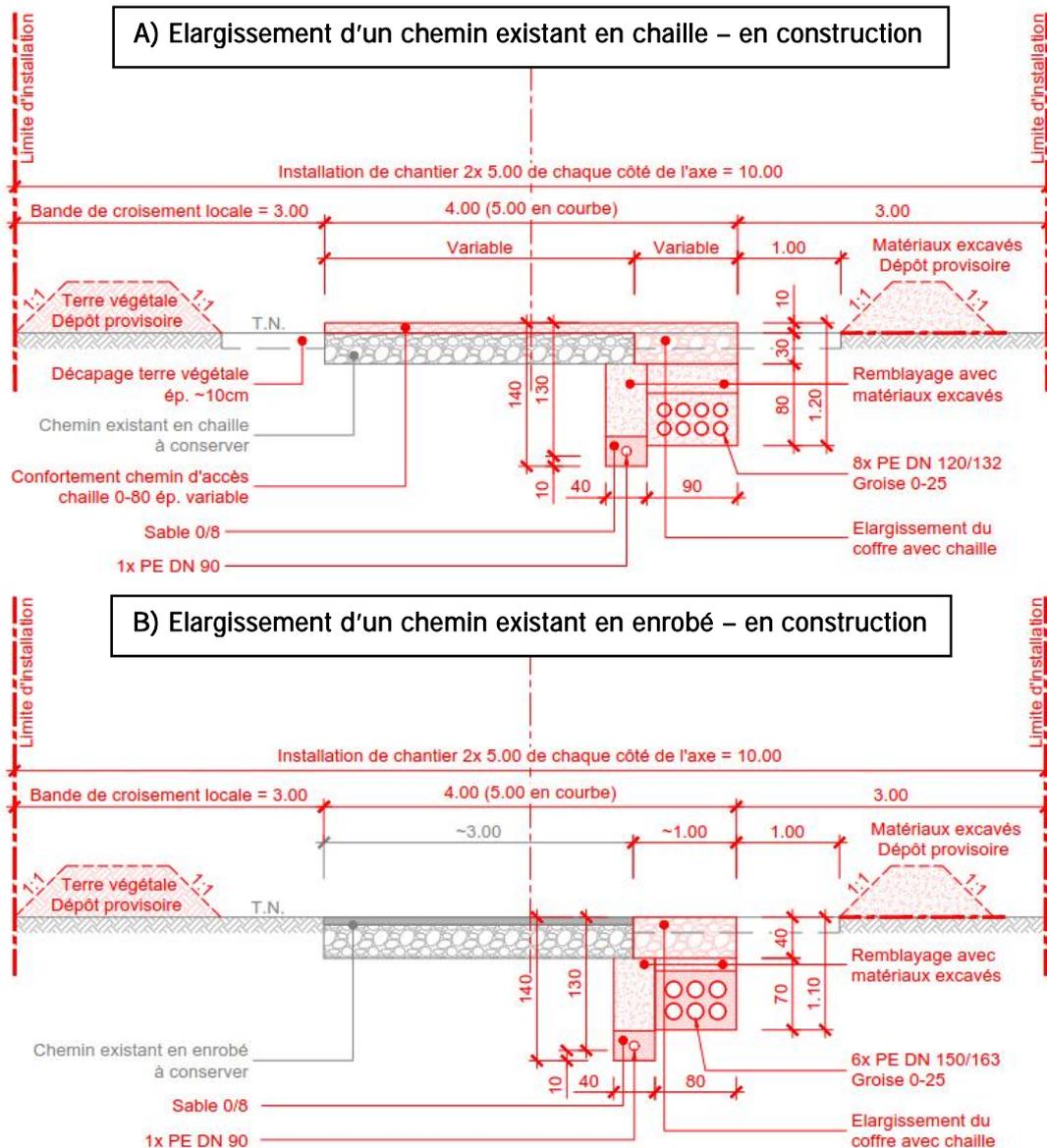


Figure 1 : principe d'élargissement des chemins existants en chaille (A) et en enrobé (B) (source : ATB SA).

Compte tenu de la faible emprise de l'élargissement et donc de volumes décapés, les matériaux sont regroupés sur des aires de stockage plutôt que mis en andains le long du tracé. Ceci permet de garantir de meilleures conditions de stockage et de réduire les pertes potentielles de matériaux par des phénomènes érosifs.

L'horizon B ne sera que partiellement réutilisé pour la remise en état de cette emprise. Il pourra donc être en grande partie directement acheminé vers d'autres stocks en vue d'être réutilisé pour la remise en état des emprises temporaires du chantier (remodelage du terrain).

Remise en état

À la fin du chantier l'emprise de l'élargissement est remise en état de la façon suivante :

1. Maintien du coffre sur l'emprise de l'élargissement après les travaux.
2. Remise en état de la surface du coffre par une couverture de terre végétale (horizon A) identique à l'état initial ou de minimum 20cm.
3. Ensemencement de la surface restituée au moyen d'un mélange *ad hoc*.
4. Valorisation de l'éventuel excédant d'horizons B et/ou A sur le chantier.

Ponctuellement, l'élargissement de chemins existants, par exemple dans un virage, se fera au moyen de plaques métalliques Liontrack. Ces plaques sont mises en place pour 2 à 3 semaines maximum. Afin d'assurer une réparation homogène des charges, elles seront posées sur un coffre de chaille reposant sur un géotextile lorsque le sol n'est pas plat. Au besoin, les surfaces touchées seront ensemencées après les travaux.

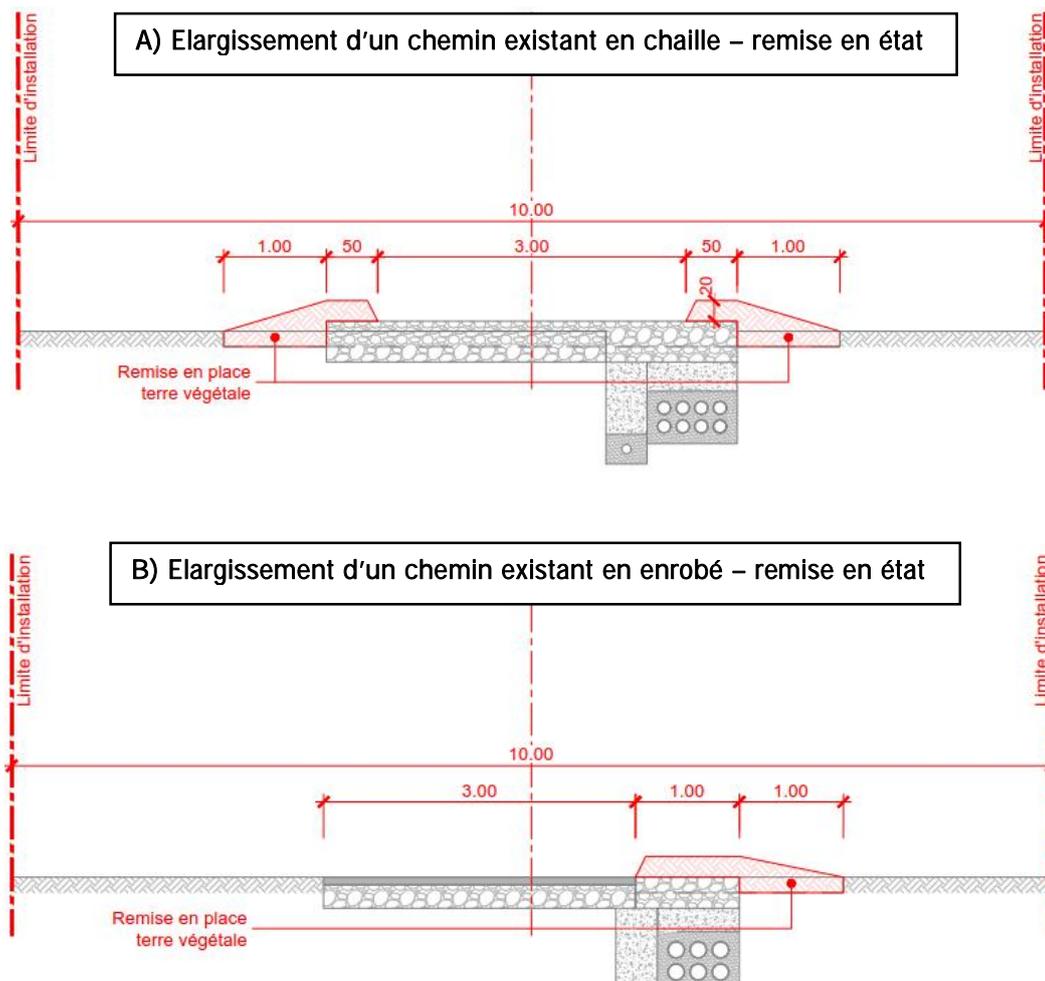


Figure 2 : principe de remise en état des chemins existants en chaille (A) et en enrobé (B) suite à leur élargissement (source : ATB SA).

3.1.2 Aménagement des nouveaux accès

De nouveaux chemins sont nécessaires, d'une part, pour garantir l'accès au parc éolien et, d'autre part, pour relier les turbines aux accès existants les plus proches.

Ces accès seront aménagés avec le matériel d'excavation des fondations des mâts, dans la limite du matériel disponible. L'importance de l'apport de matériel supplémentaire extérieur au chantier dépendra de la qualité des matériaux d'excavation.

Localement, ces nouveaux accès pourront être aménagés en enrobé sur quelques dizaines de mètres au niveau de passages clés tels que les carrefours.

Aménagement

Les nouveaux accès auront un gabarit de 4m. Les caractéristiques techniques et constructives sont les suivantes :

1. Décapage de l'horizon A et B sur l'emprise de l'élargissement.
2. Stockage en andains séparés des horizons A et B en bordure du chemin.
3. Chargement et tassement du coffre de chaille sur un géotextile (h final = 40cm).

Afin de limiter les excavations, seuls les horizons A et B sont décapés sur l'emprise des nouveaux accès, ceux-ci atteignant généralement moins de 40cm d'épaisseur. Afin de garantir une transition harmonieuse avec le terrain naturel, l'excavation atteindra dans tous les cas une profondeur minimale de 30cm. Dans le cas de la présence d'un horizon rocheux stable, à faible profondeur, la hauteur du coffre sera réduite afin de garantir une bonne intégration et limiter les terrassements au strict nécessaire.

L'horizon B ne sera que partiellement réutilisé pour la remise en état des abords des nouveaux chemins. Il pourra donc être en grande partie directement acheminé vers d'autres stocks en vue d'être réutilisé pour la remise en état des emprises temporaires du chantier.

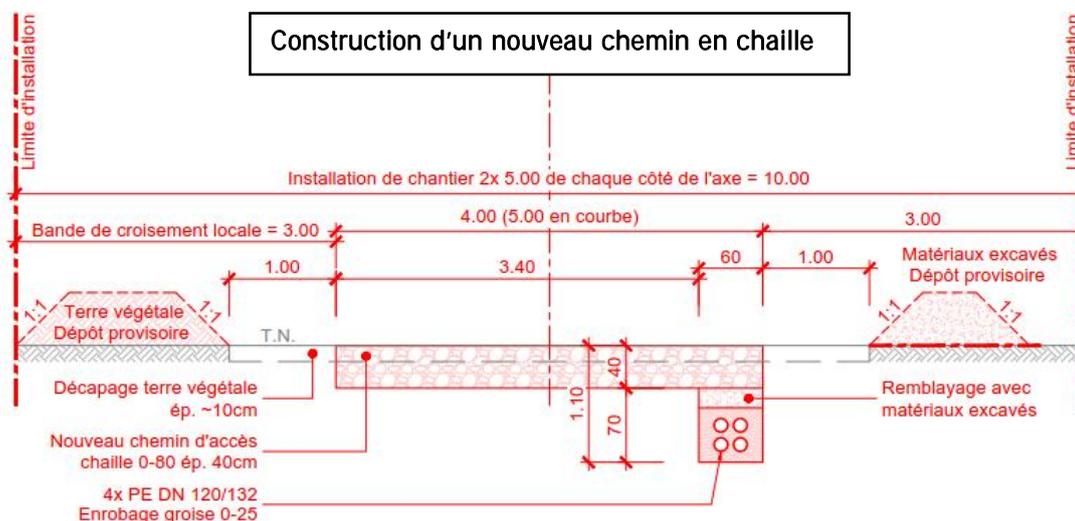


Figure 3 : principe d'aménagement des nouveaux accès en chaille (source : ATB SA).

Remise en état

A la fin du chantier, les nouveaux accès sont remis en état de la façon suivante (cf. Figure 2):

1. Maintien de l'intégralité du coffre de 4m de largeur.

2. Couverture de 1m de largeur de l'emprise du coffre au moyen de terre végétale ou d'horizon B et A, si nécessaire, de façon à garantir une transition harmonieuse avec le terrain naturel.
3. Ensemencement de la surface restituée au moyen d'un mélange ad hoc.
4. Valorisation de l'éventuel excédant d'horizons A et/ou B sur le chantier.

La couverture partielle de l'accès se fait généralement sur un seul côté, mais peut être répartie des deux côtés si nécessaire afin de garantir une meilleure intégration.

Dans le cas de fortes pentes, lorsqu'un chemin est réalisé perpendiculairement au sens de la pente naturelle, aucun remodelage de terrain ne sera effectué afin d'éviter des impacts supplémentaires sur les biotopes. De plus, le maintien de parois rocailleuses apporte une plus-value environnementale en créant de nouveaux milieux séchards à coloniser.

Lorsque les pentes sont faibles et permettent un remodelage de terrain, du sol provenant d'horizon B, voire C sera utilisé en déblai-remblai. Dans ce cas, l'intégration du chemin se fera par l'aménagement de talus en pente respectant la topographie naturelle.

3.2 CÂBLAGES SOUTERRAINS

Les câblages sont enfouis à une profondeur de -1.2m par rapport au terrain naturel, dans une tranchée de 1m de largeur.

Deux cas de figure sont prévus pour l'implantation des câblages souterrains :

1. Chemin en chaille existant ou nouveau : implantation dans le gabarit du chemin (limite l'emprise sur les sols).
2. Route goudronnée existante : implantation de préférence dans l'emprise de l'élargissement (si nécessaire) ou en parallèle du tracé (limite l'emprise sur les sols et facilite les entretiens et dépannages).

Les gaines du câblage sont installées simultanément à l'aménagement et à l'adaptation des voies d'accès, au début du chantier. Pour cette raison, la mise en place du réseau de câblage n'est pas systématiquement discutée.

3.2.1 Chemins en chaille

Concernant les chemins non imperméabilisés, les câblages sont installés de la façon suivante (voir figures 1A et 2):

1. Excavation de l'horizon C sur l'emprise de l'élargissement au moyen d'une trancheuse (horizons A et B déjà décapés).
2. Mise en place des gaines et du substrat de couverture (sable).
3. Remise en place directe de l'horizon C et de la couche de chaille de couverture du chemin.
4. Valorisation de l'excédent d'horizon C sur le chantier (concassage et utilisation pour aménagement des pistes de chantier ou des places de montage et de transbordement).

Concernant les chemins en chaille existants, le câblage souterrain sera implanté de préférence dans l'emprise de l'élargissement (voir Figure 1A).

3.2.2 Routes goudronnées

Concernant les chemins en enrobé existants, le câblage souterrain sera implanté de préférence dans l'emprise de l'élargissement. Lorsque les accès existants ne nécessitent pas d'élargissement, le câblage souterrain sera implanté en parallèle du tracé. Il est installé de la façon suivante (voir Figure 1B) :

1. Décapage et excavation des horizons A, B et C sur l'emprise de l'élargissement au moyen d'une trancheuse.
2. Stockage en andains séparés des horizons A et B le long de la fouille.
3. Valorisation de l'horizon C excédentaire sur le chantier (concassage et utilisation pour aménagement des pistes de chantier ou des places de montage et de transbordement).
4. Mise en place des gaines et du substrat de couverture (sable).
5. Remise en place directe de l'intégralité des horizons B et A.
6. Ensemencement de l'emprise de la fouille au moyen d'un mélange ad hoc.

Les emprises des fouilles sont ensemencées avant la mi-mai ou entre la mi-août et la fin septembre. En aucun cas, les surfaces restituées ne passeront l'hiver sans couverture végétale.

3.3 PLACE DE TRANSBORDEMENT

Aménagement

Une place de manutention est projetée à proximité de la turbine 3 dans un contour en direction du Restaurant « Harzer » à Pré Richard, afin de servir de site de transbordement et de dépôt provisoire de matériaux.

Cette place servira principalement au stockage intermédiaire de matériaux de constructions et d'éléments d'éoliennes. La place de transbordement aura une dimension d'environ 2'400m².

Elle sera construite sans décapage préalable des horizons. Un coffre de chaille 0/45 de 0.4m d'épaisseur après tassement, reposant sur un géotextile résistant de séparation et de renforcement, sera mis en place sur le sol enherbé.

Remise en état

La place de transbordement sera intégralement démantelée à la fin du chantier ou dès qu'elle n'aura plus d'utilité. Les matériaux du coffre pourront en effet être réutilisés sur le chantier pour l'aménagement d'accès ou de places de montage, selon la planification et l'avancement des lots de construction réalisés en parallèle.

Le SER fixera des conditions de remise en état en fonction des caractéristiques du sol une fois la place de manutention démantelée. Il peut notamment s'agir d'un ameublissement de la couche superficielle et d'un ensemencement.

3.4 CONSTRUCTION DES TURBINES

3.4.1 Emprises de chantier

Pour la construction de chaque turbine, les emprises de chantier comprennent :

- la fondation de la turbine ;
- la place de montage et les placettes d'élévation, dont le coffre est intégralement démantelé après le chantier ;
- la place de stockage des pales (non décapée) ;
- la place de montage de la grue ; dont le coffre sera recouvert de 20cm d'horizon A ;
- une aire de stockage des matériaux terreux, selon les horizons A et B (surface non décapée) ;
- l'accès au chantier.

L'aménagement et la remise en état de ces surfaces de différentes natures et fonctions sont décrits dans les chapitres ci-dessous.

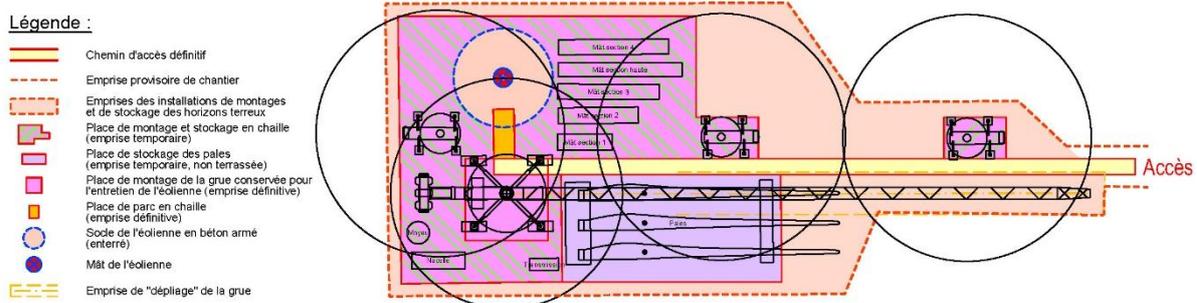


Figure 4 : schéma de principe d'une place d'installation de chantier (source ATB).

3.4.2 Fondation

Aménagement

Les fondations des éoliennes sont constituées d'un socle en béton octogonal d'environ 24m de diamètre.

Afin d'aménager le socle, les horizons A et B sont décapés sur une surface moyenne d'environ 470m², puis stockés en dépôts séparés. Une fouille d'un volume d'environ 800m³ est excavée afin d'implanter un socle en béton de 500m³ environ. La profondeur de la fouille est variable, en fonction de la topographie et de la qualité du sous-sol.

Essentiellement composés d'éléments minéraux grossiers, les matériaux excavés sont concassés sur place, puis stockés provisoirement ou directement utilisés pour l'aménagement des places de montage et des accès.

Le socle en béton armé est coulé dans la fouille, sans coffrage, afin d'ancrer la structure à la roche en place. Après le séchage du béton, des matériaux minéraux (chaille) sont disposés en périphérie du socle dans le but de reconstituer un modelé de terrain fidèle à l'état initial.

Restitution

Une fois l'éolienne montée, les horizons B, puis A, sont disposés en surface du remblai de chaille afin de reconstituer un sol conforme à l'état initial.

Les fondations sont placées profondément sous la surface du sol naturel de façon à ce que lors du démantèlement de l'éolienne, le béton puisse être laissé dans le sol tout en garantissant une profondeur de terre adaptée à l'utilisation agricole actuelle.

3.4.3 Place de montage

Aménagement

La place de montage correspond à la surface coffrée sur laquelle les machines évoluent pour réaliser l'assemblage et l'élévation des turbines. Elle comprend une place de montage principale et trois placettes pour l'élévation des éléments du mât. Pour des raisons de sécurité, ces surfaces doivent être plates et dures. En effet, les machines utilisées sont lourdes et nécessitent un enracinement solide dans le sol. Ces surfaces devront donc être décapées et recouvertes d'un important coffre de chaille. Ce dernier sera réalisé avec le matériel d'excavation des fondations des mâts, dans la limite des volumes disponibles. En cas de déficit, du matériel est importé depuis d'autres sources du chantier ou, en dernier recours, d'une source externe. Elles sont aménagées dans l'axe de la fondation de l'éolienne (socle). Les matériaux d'excavation sont concassés, afin d'obtenir une grave de granulométrie adaptée à l'usage.

La surface coffrée est comprise entre 2408m² et 4679m². Il peut en effet avoir une variation de surface en fonction de la topographie du site d'implantation.

Les places de montage seront construites de la façon suivante :

- décapage des horizons (A et B) sur toute leur épaisseur ;
- stockage des horizons A et B en tas séparés, selon les consignes du SER, en bordure des places, sur un sol enherbé ;
- mise en place d'un coffre de chaille de 0.4m d'épaisseur (ou selon besoin géotechnique).

Restitution

Le coffre de la place de montage est intégralement démantelé à l'exception d'une plateforme d'entretien carrée de 20m de côté. Elle va permettre l'intervention d'une petite grue en cas de besoin. De plus, une place de parc de 60m² ainsi qu'un chemin d'accès sont maintenus sans couverture.

La partie conservée de la place de montage (place d'entretien) est recouverte d'une couche de terre végétale (horizon A) équivalente à l'état initial ou de maximum 20 cm d'épaisseur. Dans la perspective d'une intervention, seule la terre végétale de couverture devra être décapée afin de pouvoir réutiliser la place d'entretien. De plus, cette place doit rester relativement plate pour garantir la stabilité d'une grue. En périphérie de la place d'entretien, les horizons A et B sont en revanche remis en place, ceci de façon à garantir une transition naturelle avec les terres attenantes.

La figure 5 présente la restitution de la place de montage de la turbine 5. Pour l'éolienne 5, le remodelage de terrain est important avec des pentes proches de 15%. Cette situation présente le remodelage de terrain le plus conséquent. Bien que cette étape porte atteinte aux sols, elle respecte la topographie naturelle de la zone d'implantation et permet une bonne intégration paysagère.

L'ensemble des travaux de remise en état des places de montage sera effectué uniquement au sein du périmètre de la surface décapée et n'engendrera aucune atteinte supplémentaire sur les sols.

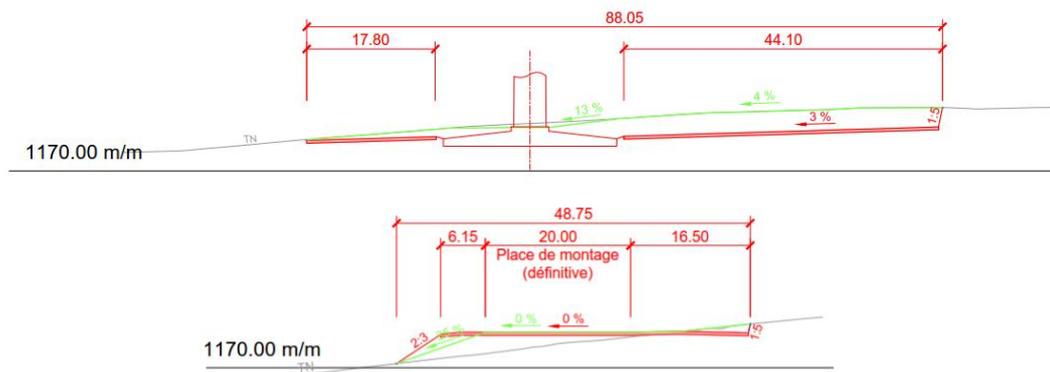


Figure 5 : Exemple de restitution d'une place de montage avec maintien d'une place d'entretien (T5). Le terrain remis en état est représenté par la ligne verte. (source : ATB SA).

3.4.4 Place de stockage des pales

En raison de leur fragilité, les pales des turbines doivent être stockées à plat. Dans ce but, des banquettes seront aménagées sur le sol en place. Cette méthode permet de limiter le décapage des sols.

Ces banquettes seront réalisées à l'aide de remblai déposé sur un géotextile de protection, reposant sur le sol en place enherbé. Une plaque métallique sera posée au sommet pour assurer la stabilité. Des bâches pourront éventuellement recouvrir les côtés de la banquette pour éviter le débordement du remblai (cf. Figure 6). La hauteur des banquettes dépendra de la topographie de la surface de stockage.

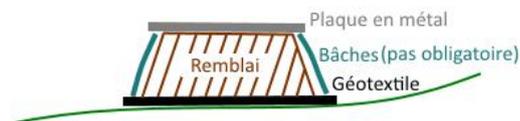


Figure 6 : Schéma de l'aménagement des banquettes pour l'entreposage des pales.

3.4.5 Emprise de montage et de stockage

Cette surface est constituée des emprises comprises à l'interface de la fondation, de la place de montage et des placettes d'élévation. Elle comprend également les aires de stockage des matériaux terreux. Contrairement à la place de montage, cette surface n'est ni coffrée ni décapée.

Aménagement

Les matériaux terreux (horizons A et B) sont stockés en tas séparés en bordure des installations de chantier, directement sur le sol enherbé en place conformément aux directives en vigueur et aux consignes du responsable du SER. L'aire de stockage jouxte les installations de chantier propres à chaque turbine. Elles sont comptabilisées dans les emprises temporaires globales du chantier.

Restitution

Les aires de stockages des matériaux terreux sont restituées, une fois le sol remis en état sur les emprises temporaires du chantier. Un ensemencement sera réalisé en leur surface après une préparation superficielle du sol.

3.4.6 Accès

Cf. chapitre 3.1.2

3.4.7 Schéma de restitution des emprises des places de montage

Sur le schéma présenté ci-dessous, les emprises restituées figurent en vert. L'ensemble du coffre de la place de montage est démantelé à l'exception d'une plateforme d'entretien d'environ 430m².

A la surface des fondations, les horizons B et A sont remis en place de façon à épouser le terrain naturel en périphérie. En outre une place de stationnement pour les véhicules d'entretien courant est aménagée à proximité de l'échelle d'accès à la turbine.

La surface des aires de dépôt des matériaux terreux est quant à elle réensemencée, avec si nécessaire une préparation superficielle du sol.

La remise en état des sols sera réalisée uniquement dans le périmètre des emprises temporaires décapées. Le remodelage du terrain avec des pentes proches de l'état initial (plus ou moins 5%) favorisera une bonne intégration de l'ouvrage à la topographie naturelle.

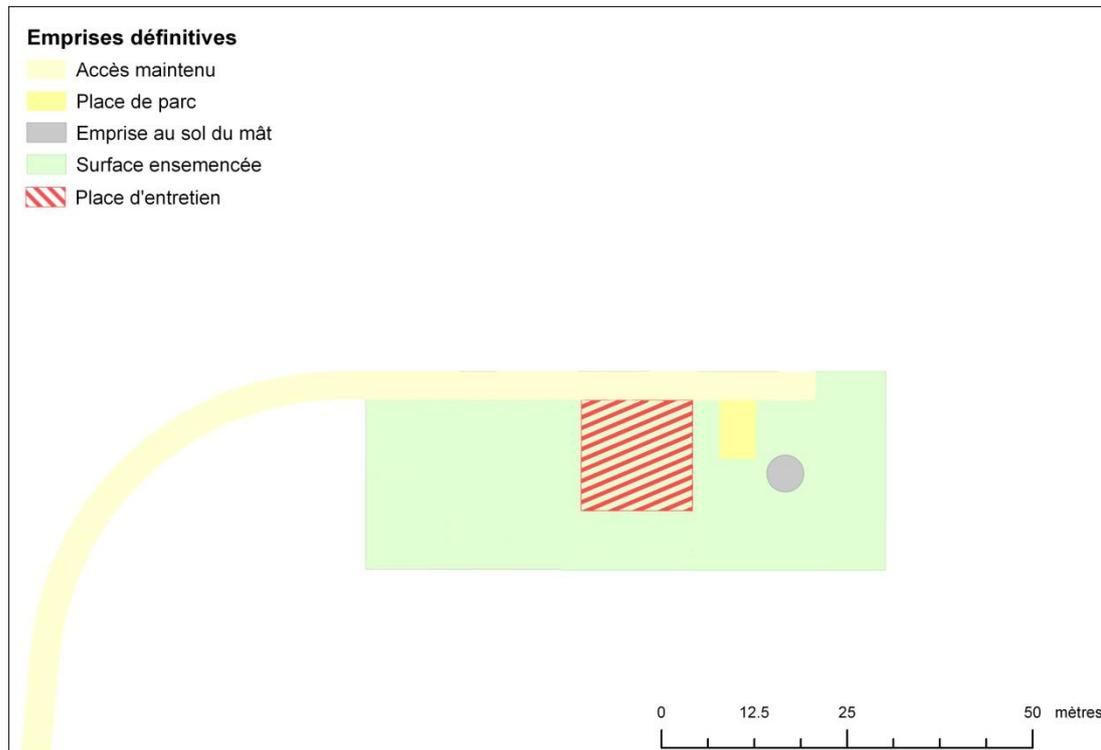


Figure 7 : schéma de principe d'une place d'installation de chantier restituée (extrait du plan de situation d'une éolienne, source : ATB).

4 BILAN DES MATÉRIAUX TERREUX

4.1 DONNÉES DE BASE

Épaisseur des horizons

Les sols du périmètre du projet sont essentiellement des rendzines et des sols bruns qui présentent une importante hétérogénéité quant à l'épaisseur de leurs horizons. Dans certaines situations, l'horizon A est directement sur la roche support ; l'horizon B y est donc absent. Sur les sols les plus profonds, on n'excède pas de 0.15 à 0.20m d'épaisseur pour l'horizon A et de 0.20 à 0.60m pour l'horizon B.

Les valeurs retenues pour les calculs correspondent aux épaisseurs déterminées durant la cartographie des sols et ce pour chaque zone de travaux. Une marge de +10% a encore été ajoutée aux volumes calculés.

Les valeurs théoriques calculées sont donc surévaluées par rapport à la situation réelle, afin d'obtenir une image extrême de la situation. Étant donné que les emprises définitives constituent une perte de sol nette, le bilan prévisionnel est dans tous les cas positif. En revanche, le remodelage de terrain important dans certaines zones d'implantation des éoliennes implique un apport de matériaux. Le bilan tendra donc théoriquement à l'équilibre tout en garantissant une remise en état optimale des emprises de chantier.

Emprises provisoires et définitives

Le tableau suivant présente les emprises temporaires, les surfaces de sols restitués et partiellement restitués -dans les cas où seul un horizon A est remis en surface d'un coffre de chaille (cf. chapitre 3)-, ainsi que les pertes de sol nettes.

Libellé	Surface
Emprises temporaires totales	116'714m ²
<i>Dont surfaces décapées</i>	44'738m ²
<i>Remise en état</i>	
Horizon A sur coffres de chaille (places d'entretien et chemins)	6'914m ²
Horizons A et B (tranchées câblages souterrains et chemins)	6'190m ²
Horizons A et B (places de montage et zones périphériques)	23'578m ²
Aires de stockage des matériaux terreux (sans décapage)	11'366m ²
Restitution place de transbordement (sans décapage)	2'400m ²
Pertes des sols nettes	8'055m²

Tableau 2 : Tableau présentant les différentes surfaces remises en état et les pertes de sols nettes correspondant aux places de parc, mâts et nouveaux accès.

Une partie des sols restitués consiste en la mise en place d'un horizon A directement sur les coffres utilisés pour la circulation des engins et le montage des éoliennes. Ces surfaces concernent les emprises d'élargissement des chemins, ainsi que les coffres des places d'entretien. Sur les coffres de chaille maintenus (accès et place d'entretien), le fait de restituer uniquement un horizon A offre un résultat relativement fidèle à l'état initial des sols du périmètre du projet. En effet, les sols y présentent un horizon B peu profond et pierreux, voire inexistant. Le caractère minéral des coffres reproduit donc un état proche de l'état initial.

Les pertes de sol, d'un total 8'055m², sont dues à 94% aux accès. Le solde est constitué de l'emprise des mâts et des places de parc maintenues au pied de chaque turbine.

4.2 VOLUMES

Bilan

Ci-dessous sont présentés deux tableaux récapitulatifs des volumes de matériaux engagés durant les travaux ainsi qu'un tableau résumant le bilan des matériaux qui sera discuté au point 4.3.

Le tableau n°3 montre les volumes de terres décapés ainsi que les déblais de roche qui seront excavés afin de construire les fondations des turbines notamment. Il faut considérer que la quantité d'horizon B pourra ponctuellement se révéler plus importante ou plus faible (voir absente) en raison de l'hétérogénéité des sols. Dans le cas d'absence d'horizon B, de forte pierrosité ou de présence de roches affleurantes, les matériaux d'excavation seront concassés, afin de servir comme matériaux de remblai pour les coffres. Ceci permettra de réduire l'import de matériaux graveleux.

Le tableau n°4 (page 16) présente les matériaux nécessaires à la remise en état des sols ainsi qu'au remodelage de terrain. Ce dernier doit être conforme à la topographie naturelle de la zone et à la nature du sol en place. Dans ce but, le remodelage de terrain sera effectué préférentiellement avec des matériaux terreux de l'horizon B si le sol en place est profond. Au contraire, s'il s'agit de sols superficiels, le remodelage sera réalisé principalement à l'aide de matériel minéral. Ce tableau montre également les volumes nécessaires à la construction des coffres en chaille.

	Décapage [m ³]		Déblais roche [m ³]
	horizon A	horizon B	
P1	659	1'098	2'190
P2	681	1'135	2'247
P3	714	1'428	873
P4	853	1'421	2'507
P5	849	-	4'733
P6	631	-	2'746
P7	1'279	-	2'530
Accès	2'568	2'347	2'755
Tronçons	1'561	2'242	3'919
	9'795	9'671	24'500

Tableau 3: volumes des matériaux terreux décapés et de la roche excavée, avec marge supplémentaire de 10%.

	Remise en état [m ³]		Ouvrage [m ³]
	horizon A	Matériaux de remodelage ¹	Coffres
P1	748	1'954	1'242
P2	792	3'673	1'321
P3	626	1'158	1'213
P4	1'016	2'983	1'909
P5	761	3'413	1'244
P6	534	1'296	941
P7	688	2'311	1'179
Accès	2'568	1'011	3'829
Tronçons	1'561	1'758	3'491
	9'294	19'558	16'368

Tableau 4: volumes des matériaux nécessaires à la remise en état des sols, au remodelage de terrain et à la réalisation des coffres, avec une marge supplémentaire de 10%.

	Décapage / excavation [m ³]		Remise en état / ouvrage [m ³]	Bilan
Horizon A	9'795	Horizon A	9'502	+502
Horizon B	9'671	Matériaux de remodelage ¹	19'558	- 9'887
Déblais roche	24'500	Coffre	13'143	+ 8'132
				- 1'254

Tableau 5: Tableaux de synthèse présentant les volumes totaux décapés ainsi que les volumes totaux nécessaires à la remise en état des sols et au remodelage de terrain.

Ces tableaux présentent uniquement les matériaux indigènes provenant du périmètre du chantier et n'incluent pas les matériaux importés (béton). De plus, les valeurs sont théoriques et représentent la situation extrême. En effet, l'irrégularité des sols sur les emprises du chantier fait que l'on obtiendra probablement des valeurs proches, mais pas identiques. Aussi, des pertes sont inévitables dans les phases de décapage, de stockage et de remise en état.

Les volumes liés aux turbines diffèrent les uns des autres principalement en raison de la topographie de leur zone d'implantation. En effet, certaines turbines sont situées dans des zones relativement plates, alors que d'autres présentent un relief important. Secondairement, cette variabilité est liée aux accès.

Concernant la mise en place des câblages souterrains, l'ouvrage est intégré à la construction ou à l'élargissement des accès et ne nécessite pas de remise en état particulière. Pour cette raison, il n'est pas mentionné dans les tableaux ci-dessus.

¹ Les matériaux de remodelage correspondent aux besoins en matières premières pour effectuer un remodelage de terrain conforme à la nature des sols en place et à la topographie naturelle de la zone. Ces matériaux proviendront des volumes d'horizon B décapés ainsi que des déblais de roche excédentaires.

4.3 EQUILIBRE DU BILAN DES MATÉRIAUX TERREUX

Le bilan montre un volume excédentaire d'environ 502m³ d'horizon A. Ce volume est tout à fait prévisible en raison des pertes de sols nettes. La remise en état des sols implique la restitution de 20cm d'horizon A, ce qui dans certains secteurs correspond à une augmentation par rapport à l'épaisseur initiale de l'horizon A. Ainsi, l'excédent d'horizon A sera utilisé dans sa totalité pour la remise en état des sols. Pour cette raison, le bilan des volumes d'horizon A tendra à l'équilibre.

Les volumes d'horizon B seront entièrement utilisés pour la remise en état des sols et le remodelage de terrain des surfaces de montage.

Les roches excavées et les pierres présentes dans les sols seront concassées et utilisées pour l'aménagement du coffre des places de montage et des nouveaux accès. Malgré cette réutilisation, le bilan montre un volume excédentaire d'environ 8'132m³ de déblais de roche. Cet excédent sera utilisé pour le remodelage de terrain.

Le remodelage de terrain nécessite un volume considérable de matériaux (19'558m³) qui proviendront des volumes de matériaux terreux décapés et des déblais de roche excédentaires (8'132m³). Malgré une réutilisation maximale des matériaux provenant du chantier, le bilan présente un déficit de 1'254m³. Ce déficit est compensé par l'apport de béton notamment pour la construction des fondations des turbines qui correspond à 3'500m³. Dès lors, le bilan des matériaux s'équilibre avec un léger excédent de 2'246m³; volume jugé « négligeable » au vu des volumes de matériaux engagés. Dans tous les cas, cet excédent sera valorisé dans le périmètre du projet :

- Les matériaux terreux excédentaires seront utilisés pour optimiser la qualité des sols restitués et l'intégration paysagère des infrastructures définitives.
- Les matériaux minéraux excédentaires sous forme de gravats pourront servir à la remise en état des chemins empruntés durant les travaux.
- les blocs de roche calcaire en surplus pourront être utilisés pour l'aménagement de murgiers en faveur des reptiles et des invertébrés.

5 PROTECTION DES SOLS

5.1 PLANIFICATION DES TRAVAUX

En fonction du scénario de réalisation (cf. chapitre 2.1), le chantier va s'étaler sur 2 ou 3 années. Cela commencera par l'aménagement des emprises de chantier (cf. chapitre 3). Dans un premier temps, les sols des emprises des places de montage et des accès vont être décapés, afin de mettre en place le coffre sur lequel les machines vont ensuite évoluer. Les sols décapés seront mis en dépôt provisoire en tas séparés, selon les horizons A et B. Dès lors que les matériaux terreux vont être stockés sur une période de minimum 1 an et de maximum 2 ans, ils seront ensemencés. En parallèle des travaux de décapage, l'excavation des fondations est entreprise de façon à produire en partie les matériaux de construction des coffres.

5.2 SUIVI PÉDOLOGIQUE DE LA PHASE DE RÉALISATION

Un spécialiste de la protection des sols sur les chantiers sera mandaté par le maître d'ouvrage afin d'assurer le volet "sol" du suivi de la phase de réalisation (SER). Il sera impliqué dans les phases :

- d'études préliminaires
- de construction
- de remise en état / restitution

5.2.1 Études préliminaires

Le projet est susceptible de subir des modifications suite à son dépôt public. Dans la phase d'études préliminaires, le responsable du suivi des sols sur le chantier établira un rapport pédologique afin de compléter l'état initial en fonction des caractéristiques techniques finales du projet et de définir les principales mesures de protection concernant :

- les contraintes de travail des sols, en fonction des conditions locales au sein du chantier, et des conditions météorologiques,
- la gestion des matériaux terreux, tels que les emplacements exacts et modes de stockage des horizons A et B,
- les modalités de restitution des emprises du chantier.

Le responsable du SER sol a donc un rôle important dans la phase préparatoire du chantier et notamment dans la préparation des dossiers d'appel d'offres.

De plus, depuis la réalisation de la cartographie des sols, le projet a subi plusieurs modifications et certaines zones n'ont pas été cartographiées. Il convient donc d'apporter les compléments nécessaires à la carte des sols afin que l'ensemble des sols concernés par le projet soit connu avant le début des travaux.

5.2.2 Phase de construction

Généralités

Le responsable sol du SER informe le personnel de chantier au sujet de la protection des sols et des mesures de protection à mettre en œuvre. Il conseille également la direction du chantier pour tous les aspects liés à la protection des sols.

En outre, il accompagne étroitement les travaux de décapage, de manipulation, de stockage et de restitution des sols. Sa participation est requise à toutes les séances de chantier en rapport aux sols.

Il assure également une liaison avec l'Office des Eaux et Déchets (OED), service cantonal compétent en matière de protection des sols dans le canton de Berne. Il l'informe en particulier régulièrement de l'avancement du chantier, du respect du planning et des mesures de protection des sols, ainsi que des éventuels problèmes rencontrés.

Décapage

Le spécialiste sol définit les charges à respecter concernant les machines engagées sur le chantier et les conditions compatibles à un travail respectueux de l'intégrité des sols lors du décapage des emprises de chantier. Il en vérifie également le respect.

Les principes de protection généraux suivants doivent s'appliquer :

- La planification du chantier doit être rationnelle.
- Les machines doivent être adaptées aux travaux et aux conditions locales du sol.
- Les machines de chantier à pneus ne doivent pas circuler sur le sol en place.
- Lors des travaux de décapage, le sol doit être suffisamment ressuyé.
- Le sol est décapé selon les horizons en place.
- Lorsque les sols sont superficiels (jusqu'à 10cm d'épaisseur), il est préférable de prélever des mottes de gazon contenant la totalité de l'horizon A.
- Les machines évoluent sur l'horizon A ou C, mais en aucun cas sur l'horizon B.
- Les prescriptions légales de protection des sols (lois, directives fédérales et cantonales, normes, etc.) doivent être appliquées consciencieusement.

Stockage

Conformément au rapport pédologique établi dans la phase préliminaire, le responsable sol du SER définit sur le chantier, en coordination avec l'entreprise, les emplacements et les modalités de stockage des horizons A et B décapés.

Les sols seront stockés au maximum pendant 2 périodes de végétation. Ils seront systématiquement ensemençés. Les stocks de terres seront ensemençés entre le 20 mai et la mi-juin. Les matériaux mis en dépôt après la mi-juin seront ensemençés entre la mi-août et la mi-septembre. Les stocks ne doivent en aucun cas passer l'hiver sans couverture végétale. Une à deux coupes de nettoyage seront réalisées à la reprise des

semis. Ensuite une coupe au minimum sera réalisée chaque année. La colonisation des tas par des adventices et des néophytes envahissantes sera surveillée.

Lors du stockage des matériaux, les consignes générales de protection suivantes doivent être appliquées :

- Les matériaux terreux sont stockés directement sur le sol en place, qui doit être enherbé.
- Les places de stockages doivent être choisies de manière à éviter la stagnation de l'eau.
- Les horizons A et B sont stockés en tas séparés.
- La hauteur des stocks d'horizons A n'excède pas 1.5m.
- La hauteur des stocks d'horizons B n'excède pas 2m.
- La circulation de machines sur les stocks de terre est rigoureusement proscrite.
- Les entretiens des tas de matériaux terreux se font à la débroussailleuse ou à la motofaucheuse.
- La colonisation par des néophytes envahissantes est surveillée. En cas d'apparition elles doivent être arrachées.
- Durant toute la durée des travaux, le bétail ne doit pas avoir accès aux stocks de matériaux terreux

Nouveaux accès

Lors de la création de nouveaux accès sans restitution, l'intégralité des matériaux terreux décapés n'est pas réutilisée sur place. Afin de limiter l'emprise sur les sols et leur manipulation, il est préférable d'acheminer directement ces matériaux sur une place de stockage centrale à proximité, de façon à faciliter leur reprise en vue de la restitution des emprises de chantier.

Élargissement de chemins existants

Concernant l'élargissement des accès existants, compte tenu de la faible emprise de l'élargissement et donc des petits volumes décapés, il est préférable de regrouper les matériaux terreux sur des aires de stockage en petits tas plutôt qu'en andains le long du tracé. Ceci permet de garantir de meilleures conditions de stockage et de réduire les pertes potentielles de matériaux par des phénomènes érosifs.

L'intégralité de l'horizon A sera remise en place à la fin du chantier sur la bande correspondant à la largeur de l'emprise augmentée provisoirement.

Les excédents d'horizon B seront utilisés sur le chantier pour la restitution des emprises provisoires et pour l'intégration paysagère des fondations des turbines et des places de montage.

Place de montage

Les matériaux décapés sont stockés aux abords directs des places de montage sur le sol enherbé.

5.2.3 Remise en état

Le spécialiste sol définit les charges à respecter concernant les machines engagées sur le chantier et les conditions compatibles à un travail respectueux de l'intégrité des sols lors de la remise en état des sols. Il en vérifie également le respect.

Les principes de protection généraux suivants doivent s'appliquer :

- La remise en état des sols doit se réaliser lorsque les sols sont bien ressuyés.
- Les machines de chantier à pneus ne doivent pas circuler sur le sol en place.
- Le sol remis à l'air libre doit être ameubli.
- Les matériaux de remblai doivent être perméables et bien stabilisés. Ils doivent être décompactés en plusieurs étapes avant leur mise en place.
- L'horizon B suivi de l'horizon A doivent être mis en place par bandes successives, sans être tassés ou lissés et sans rouler sur les matériaux terreux.
- Les matériaux terreux doivent être déposés dans le sens de la pente afin de garantir l'écoulement des eaux de pluie.
- Il est nécessaire de tenir compte du foisonnement du sol ; une majoration de l'épaisseur finale de 15-20% est primordiale.

5.2.4 Phase de restitution

Le responsable sol du SER définit les modalités de restitution conformément à l'état initial relevé dans le rapport pédologique. Il s'assure de la conformité de la remise en état et du respect des consignes de protection des sols lors de la mise en œuvre.

En outre, ses responsabilités comprennent les tâches suivantes :

- Direction et suivi de la restitution des sols sur les emprises de chantiers.
- Établissement d'un protocole de restitution des sols.
- Définition de consignes et instruction des exploitants sur leur application lors des premières années d'exploitation, afin de garantir une restitution optimale.
- Restitution définitive des emprises de chantier après vérification de la qualité des sols remis en place, levée des contraintes d'exploitation pour un retour à une exploitation normale.

5.2.5 Cahier des charges du SER

Description des tâches	Phases		
	Projet d'exécution	Construction et emprises	Remise en état et restitution
Etablissement d'un document à intégrer aux appels d'offres pour les entreprises comprenant : <ul style="list-style-type: none"> - Exigences au parc des machines et matériaux utilisés pour la création des aménagements temporaires - Organisation des travaux touchant aux sols - Limite donnant lieu à des interruptions de travaux lors de mauvaises conditions pédoclimatiques 	✓		
Etablissement d'un concept de gestion des matériaux terreux : bilan des volumes excavés, tri des matériaux terreux, proposition d'utilisation des excédents	✓		
Cartographie des sols : investigations complémentaires pour les zones qui n'ont pas été cartographiées suite aux modifications du projet.	✓		
Investigations complémentaires en cas de manipulation de matériaux terreux potentiellement pollués et définition d'éventuelles restrictions d'utilisation en fonction du degré de pollution des matériaux terreux.	✓	✓	
Informations aux propriétaires / exploitants en collaboration avec la direction de chantier <ul style="list-style-type: none"> - Enherbement préalable des surfaces - Règlement pour la remise en culture des parcelles en convalescence 	✓		✓
Installation et surveillance de la station de mesures de la force de succion du sol (tensiomètres)		✓	✓
Conseil et appui à la direction des travaux concernant la protection et le stockage des matériaux terreux :		✓	

<ul style="list-style-type: none"> - Planification détaillée (quantité et qualité) des surfaces de stockage des matériaux terreux - Gestion de l'entretien des matériaux déposés - Accompagnement sur place des travaux touchant aux sols (mise en place des couches de protection et décapage) 			
D'entente avec la direction des travaux, informations aux services cantonaux chargés de la protection des sols sur le déroulement des travaux et sur le respect des mesures de protection des sols.		✓	✓
Participation aux séances de chantier en rapport avec les sols. Présence et contrôles préventifs pour toutes les phases de travaux touchant aux sols.		✓	✓
Définition des exigences de remise en place des matériaux terreux en relation avec l'état initial. Supervision et contrôle du respect des exigences (épaisseur et qualité) lors de la remise en place.			✓
Etablissement des protocoles de restitution du remblai et des parcelles reconstituées en présence des propriétaires / exploitants			✓
Accompagnement des travaux d'amélioration lié à d'éventuels dégâts			✓
Vérification définitive de l'état de restitution des parcelles et libération pour une utilisation normale.			✓

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bases légales

LPE - Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la Protection de l'Environnement (RS 814.01)

OSol - Ordonnance fédérale du 1er juillet 1998 sur les atteintes portées au Sol (RS 814.12)

OLED – Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets du 4 décembre (Etat le 19 juillet 2016) (RS 814.600)

Publications, directives et normes

Brochure « *Construction – conseils et recommandations pour protéger les sols* », éditée par la Confédération et les services cantonaux chargés de la protection des sols, 2008.

Directives ASGB pour la remise en état des sites, Directives pour une manipulation appropriée des sols, 2001

Norme Suisse SN 640 581a Terrassement, sol : Généralités et données de base, Union des professionnels suisses de la route (SNV), Winterthur, 1998.

Norme Suisse SN 640 582 Terrassement, sol : Inventaire de l'état initial / Tri des matériaux terreux manipulés, Union des professionnels suisses de la route (SNV), Winterthur, 1999.

Norme Suisse SN 640 583 Terrassement, sol : Emprises et terrassements, Union des professionnels suisses de la route (SNV), Winterthur, 1999.

OFEFP, Commentaires concernant l'Ordonnance du 1^{er} juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols (OSol), Environnement pratique, Berne (remplace l'instruction pratique n° 4 de 1993), 2001.

OFEFP, Instructions pratiques pour l'évaluation et l'utilisation des matériaux terreux, Environnement pratique, 2001

OFEFP, Construire en préservant les sols, Guide de l'environnement n° 10, Berne, 2001.

OFEV, Construction – conseils et recommandations pour protéger le sol

OFEV, Sols et constructions – Etat de la technique et des pratiques, 2015.

OED, Directives sur la protection des sols lors de chantiers linéaires, janvier 2010

Directives sur les remodelages de terrain pour la réhabilitation du sol hors des zones à bâtir, janvier 2015

Directives sur la protection des sols lors de remodelage de terrain, janvier 2010