

Rapport technique / domaine de l'environnement

Contenu : Protection des sols et pédologie sur les chantiers

Rédaction : Dylan Chassot, Rte des Marechets 40, 1541 Bussy, Etudiant ETC 3^{ème} année à Fribourg
Date : 3 janvier 2018

Définitions et terminologie, enjeux, obligations et responsabilités

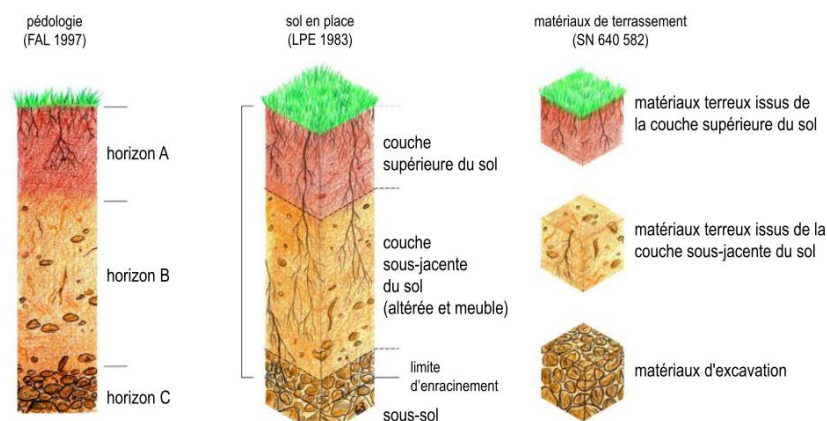
Définitions et terminologie

Selon la Loi sur la Protection des Sols (LPE), les sols, qui sont définis comme étant « la couche de terre meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes », doivent être protégés afin de prévenir leur perte (quantité) et préserver leur fertilité (qualité).

L'ordonnance sur la Protection des Sols (OSol) concerne aussi bien les sols formés naturellement que ceux reconstitués ou créés « artificiellement ». En revanche, la roche-mère (horizon C) où les racines ne poussent pas n'entre pas dans la définition du sol selon la LPE. Il n'y a donc pas lieu de lui appliquer ces directives.

L'ingénieur en génie civil, le contremaître, le conducteur de travaux, le pédologue ou le politicien utilisaient, autrefois, des termes variés pour définir les sols. Avec la LPE, ces termes ont été unifiés afin que la compréhension entre différents intervenants puisse se faire de manière optimale. Les termes retenus et qui désignent, de manière simplifiée, les différents horizons d'un sol sont les suivants :

- Couche supérieure : le plus souvent de couleur foncée, riche en humus et en organismes, densément colonisée par les racines, meuble et structurée par des agrégats. Elle est appelée dans le langage pédologique « horizon A » ou sur les chantiers « terre végétale ».
- Couche sous-jacente : de couleur plus claire, moins riche en humus et en organismes. Sa structure est en général plus compacte que celle de la couche supérieure. Elle est appelée dans le langage pédologique, « horizon B » ou sur les chantiers « terre minérale ».
- Couches minérales plus profondes : constituées de roches ou de matériaux peu ou pas altérés. Elle est appelée dans le langage pédologique « roche mère », « sous-sol » ou « horizon C » ou sur les chantiers « matériaux d'excavation ».



Enjeux

Le sol remplit des fonctions essentielles à la survie de notre société. Support des activités humaines, il nourrit la population, produit des matières renouvelables (comme le bois), filtre et recycle les polluants, préserve la qualité des eaux potables (fonction de filtre et de protection pour les sources d'eau potable), et stocke des nutriments essentiels. Le sol est à la source de la biodiversité animale et végétale, et, avec tous ses vestiges archéologiques enfouis et ses formations pédologiques particulières, il est aussi une mémoire culturelle vivante.

Les sols doivent être protégés afin de garantir leur fertilité à long terme et maintenir leur aptitude à fournir régulièrement l'ensemble des services dont ils sont les garants.

En dehors des facteurs de pollutions des sols qui ne sont pas abordé dans ce document, le facteur majeur induisant une dégradation de la qualité d'un sol est son compactage. En effet, les sols fertiles et de bonnes qualités contiennent un mélange de matières organiques, d'éléments minéraux, une certaine quantité d'eau et de vide. Lorsque ceux-ci sont compactés, l'équilibre de chacun de ces éléments est modifié : les matières organiques sont écrasées, l'eau est ressuée vers l'extérieur et les vides disparaissent. Il en résulte la mort des matières organiques présentes dans le sol et donc la perte de sa fertilité (qualité). De ce fait, l'enjeu principal lors de travaux sur un chantier est de limiter au maximum la compaction des horizons A et B.

Obligation

La LPE et l'OSol rendent obligatoire la protection des sols contre toutes atteintes pouvant nuire à leur qualité (fertilité) ou leur quantité.

Autorité d'exécution

Les services cantonaux définissent les mesures de protection liées au respect de l'OSol. Ils sont également habilités à effectuer les visites, prélèvements et les enquêtes nécessaires à son application. Ils peuvent également ordonner la mise en conformité d'un principe d'exécution inadapté à la préservation des sols. Enfin, ils peuvent prendre de leurs propres grés des mesures nécessaires à la protection des sols menacés ou dégradés en cas de non application de leurs directives par le MO et/ou l'entrepreneur. Les frais de ses mesures seront à la charge des personnes qui en sont responsables.

Responsabilité

Le Maître d'Ouvrage, respectivement son représentant, est seul responsable de la protection des sols sur les chantiers. Il est tenu de prendre toutes les mesures indiquées afin d'en préserver la fertilité. Il assume la totalité des coûts liés aux mesures de protections des sols.

L'entrepreneur peut être responsable lorsque le MO n'est pas représenté par un organe tiers compétent (Architecte, DT, Ingénieur...).

Le MO se doit de mettre, dans le dossier d'appel d'offre, les mesures de protection des sols afin de garantir qu'elles soient mises en œuvre.

Le MO répond de la non-exécution des directives si celles-ci n'ont pas clairement été décrites dans le dossier d'appel d'offre.

Conséquence pénale (Art. 61 de la LPE) :

Sera puni d'une amende de 20 000 francs au plus celui qui, intentionnellement aura enfreint les prescriptions sur les atteintes physiques et l'utilisation des sols ainsi que sur les mesures visant à réduire les atteintes aux sols.

Les frais liés à la remise en état des matériaux dégradés seront également à sa charge. Si une remise en état n'est pas possible, une compensation financière sera exigée en contrepartie de la perte des sols engendrée.

Mesures de protections des sols : phase de planification

Objectif d'une planification

Autrefois, les mesures de protections des sols n'étaient à appliquer que dans certains cas très précis (forêt, nappe phréatique, remise en état de gravière...), rarement aux chantiers de construction « ordinaire ».

De nos jours, la protection des sols est une condition nécessaire à l'obtention du permis de construire.

Il est donc préférable d'en tenir compte dès la phase de planification (projet) afin de pouvoir déterminer les impacts que cela pourrait engendrer sur le projet (planning des travaux, place de stockage, revalorisation des matériaux...).

Cette planification permet également de prévoir les coûts liés à la préservation des sols, en limiter les dépenses et éviter d'avoir un montant non prévu initialement dans les budgets.

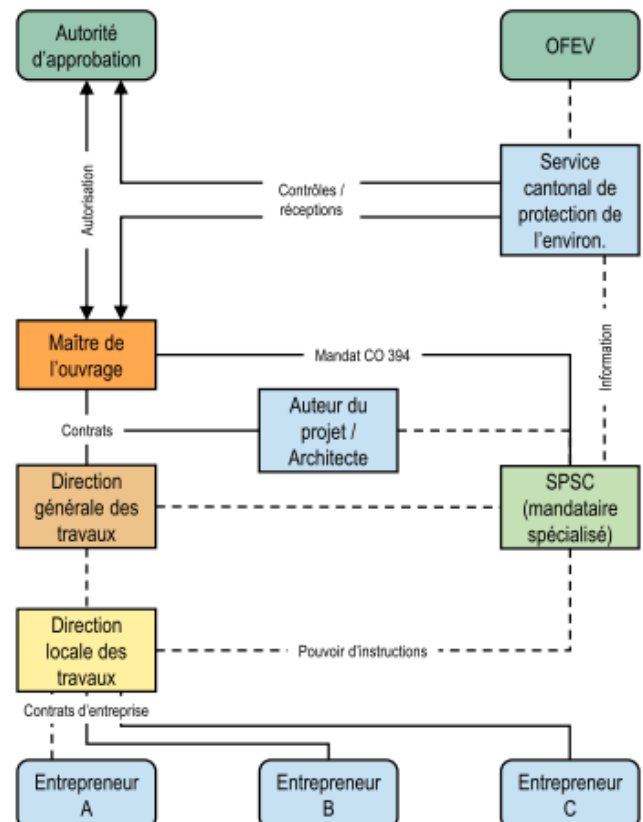
Finalement, il est bon à savoir que, si aucune planification n'a été faite pour la protection des sols lors de la demande du permis de construire, l'autorité compétente peut émettre ses propres directives qui sont généralement plus contraignantes que celles qui auraient été nécessaires initialement.

Valeurs critiques nécessitant un concept de protection des sols et un suivi pédologique

- 1) Un concept de protection des sols est exigé lorsque les travaux s'étalent sur une surface de plus de 5000m² ou sur une longueur de plus de 1000 mètres.
- 2) Lorsque les travaux touchent des milieux sensibles (nappe phréatique, abords de cours d'eau, forêts, écosystème protégé...).
- 3) Le projet est soumis à une étude d'impact sur l'environnement.
- 4) Un chantier archéologique est entrepris.
- 5) Les travaux touchent des sols présentant une atteinte chimique, physique ou biologique (sols pollués).

Rôle des intervenants dans la planification de la protection des sols

- 1) Le Maître d'ouvrage, respectivement son représentant (auteur du projet), établit le projet en vue d'une demande de permis de construire.
- 2) Ensemble, ils peuvent établir le concept de protection des sols à appliquer sur le chantier ou faire appel à une société spécialisée en pédologie (SPSC).
- 3) La demande de permis de construire envoyée à l'état est analysé.
- 4) L'état émet ses remarques, conditions, directives pour la protection des sols via son service de l'environnement
- 5) Le MO établit le dossier d'appel d'offre en veillant à ce que ces directives y soient clairement intégrées.
- 6) Les entreprises soumissionnent en tenant compte de ces directives dans leurs prix, méthode de travail, rendement...



Définir le type de sol

Dans la phase de planification, il appartient au MO, par le biais d'un spécialiste en pédologie, de déterminer les types de sols en présence sur le lieu du futur chantier.

L'objectif est de définir les valeurs suivantes :

- épaisseurs des différents horizons
- porosité du sol (teneur en vide)
- teneur en eau et force de succion (capacité d'un sol à retenir l'eau et à s'essorer comme une éponge)

La première valeur permettra de connaître les volumes des différents horizons et d'établir les profondeurs exactes à décapier pour l'horizons A et B.

La seconde et la troisième valeur permettront de définir le degré de compaction du sol et de déterminer les moyens (inventaire – machine) ou les méthodes à mettre en œuvre pour le décapage des horizons A et B. Il est à noter que plus un sol est mouillé, plus la force de succion est importante et plus le sol sera sensible au compactage et donc moins il sera possible de le travailler sans risquer de le détériorer.

Moyen de mesure

Bien que des cartes aient été établies sur les caractéristiques de la majorité des sols de la Suisse, chaque chantier sera soumis à des prélèvements in situ ainsi qu'à des mesures des teneurs en eau et de la porosité de leur sol.

Les prélèvements, généralement fait à l'aide d'une simple tarière à main, permettent de déterminer directement les différentes épaisseurs des horizons A et B.

Les échantillons sont ensuite analysés en laboratoire pour en déterminer la teneur en vide et la teneur en eau. Ces données permettront ensuite de connaître les limites d'utilisation et les méthodes de protection à mettre en place.



La capacité d'un sol à se compacter et donc à se détériorer étant directement lié à sa teneur en eau. Il y a lieu d'installer lors de chantier avec d'importants décapages, des tensiomètres directement sur place. Ces instruments de mesures sont installés, paramétrés et entretenus par le pédologue.

Ces tensiomètres permettront au spécialiste ou parfois directement au contremaître de voir la teneur en eau dans le sol à chaque instant. Cette teneur est exprimée en *cbar*.

Selon les analyses effectuées précédemment et en fonction du type de sol en présence sur le chantier, le pédologue déterminera la valeur limite de teneur en eau à partir de laquelle il n'est plus permis de manier les différents horizons ainsi que les pressions admissibles déterminantes pour le type d'engins utilisable lors des décapages.

Cette valeur devrait être indiquée dans le dossier d'appel d'offre afin de permettre à l'entrepreneur de prévoir les engins adéquats à ces travaux.

Les tensiomètres sont généralement un outil pour le pédologue ou les services cantonaux afin de contrôler que les directives sur la protection des sols concernant chaque chantier soient respectées.

Mesures à prendre sur les chantiers pour protéger les sols

Piste de chantier

Pour la plupart des chantiers, une piste permettant l'accès aux zones de travaux est nécessaire. Cette piste, de nos jours, se fait directement sur l'horizon A. Ceci afin d'éviter un décapage superflu des horizons A et B. Cette démarche n'évite pas à l'entrepreneur de limiter les atteintes portées aux couches de sols se trouvant sous la piste de chantier.

La mise en œuvre d'une piste de chantier permet une répartition convenable de la pression exercée par les engins de chantier sur la couche d'horizon A. Cette répartition doit être suffisamment importante pour que l'impact sur la terre végétale ne lui soit pas préjudiciable.

Ci-dessous, quelques variantes de piste de chantier :



Piste en grave

Cette piste de chantier est la plus couramment utilisée. Elle est constituée d'une couche de grave 0-45 d'une épaisseur variable (30-50 cm). Un géotextile de séparation et perméable doit obligatoirement être mise en place afin de séparer l'horizon A de la grave.

Cette piste est considérée comme étant la plus convenable et la plus pratique dans la majorité des cas.



Piste en rondins

Cette piste de chantier constituée de rondins placés les uns après les autres est principalement utilisés dans les milieux forestiers ou lorsque le terrain est très mouillé / tourbeux.

Il est cependant fastidieux de mettre en place cette piste et de l'entretenir. Le passage répété des engins de chantier déplace ou casse les rondins qu'il faudra remettre par la suite en état.



Piste en plaques emboitables

Cette piste de chantier est constituée de plaques semi-rigide ou rigide s'emboitant les unes dans les autres. Elles permettent une mise en place et un enlèvement rapide de la piste de chantier pour des interventions de courtes durées. Cependant, les engins de chantier empruntant cette piste de chantier ne doivent pas dépasser un certain poids (en fonction du type de plaque)

Aucune piste de chantier

Alors qu'il y a encore quelques années où l'exécution de travaux sans aucun décapage préalable de la terre végétale n'était possible, les nouvelles directives permettent, sous certaines conditions, de ne pas avoir recours à la mise en place d'une piste de chantier. Ces conditions sont décrites dans le prochain chapitre sur l'engagement des machines de chantier.



Engagement des machines de chantier

Dans ce chapitre, les règles sur l'engagement des machines de chantier ne concernent que celle devant intervenir sur des décapages des horizons A et B en l'absence de piste de chantier. En effet, dès lors qu'une piste de chantier est mise en place, on admet que les sols sont convenablement protégés et que cette piste a été exécuté afin de pouvoir reprendre et répartir les charges des véhicules amenés à l'utiliser.

Comme cité plus haut, il est possible, de nos jours, d'effectuer différents types de travaux avec des engins de chantier se déplaçant directement sur l'horizon A. Cependant, cette méthode de travail est soumise à certaines règles et les véhicules doivent avoir des caractéristiques particulières.

Caractéristiques particulières des véhicules

Le type de véhicule admis dépendra de sa pression au sol et de la teneur en eau (cbar) du sol en place. Ci-dessous, un diagramme permettant de déterminer le type d'engins à engager en fonction de la teneur en eau de notre sol :

La teneur moyenne des sols à décapier est déterminée par le pédologue. C'est généralement avec cette valeur que l'on détermine les types d'engins à utiliser lors des décapages.

Cependant, cette moyenne est variable en fonction des épisodes plus ou moins pluvieux qui auront lieu durant les travaux. Il est alors possible que le pédologue fasse arrêter les décapages lorsque le terrain devient trop mouillé.

Il est donc judicieux de parfois « prendre de l'avance » et prévoir d'effectuer un grand décapage lors d'une période sèche (en été).

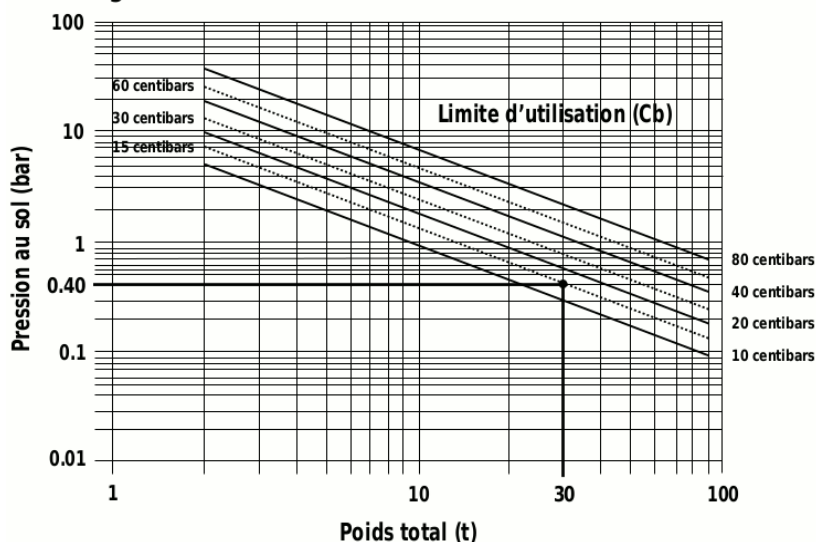
En effet, une fois l'horizon C atteint, plus aucune restriction ne sera faite sur le type d'engins pouvant y circuler.

(1kg/cm² = 1 bar)

Règles complémentaires

- Aucun véhicule dont la pression au sol est de plus de 0.5 kg/cm² (0.5 bar) ne sera autorisé à rouler sur un horizon A.
- Aucun engin à pneu dont la charge par roue est supérieure à 2.5 tonnes ne sera autorisé à rouler sur un horizon A.
- Entre 6 et 10 cbar, aucun véhicule ne peut circuler sur l'horizon A. Cependant, le décapage est possible (depuis une piste de chantier par exemple).
- En dessous de 6 cbar, aucun sol ne sera décapé d'une quelconque manière car sa structure est trop instable (mouillé) pour supporter convenablement son maniement.

Nomogramme: Limites d'utilisation des machines de chantier



$$\text{Limite d'utilisation [Cb]} = \text{Poids total [t]} \times \text{Surface de contact [bar]} \times 1.25$$

Exemple:	Poids total	30 Tonnes
	Pression au sol	0.4 bar
	Limite d'utilisation	15 centibars

BAFU, 2001

Décapage des horizons A et B

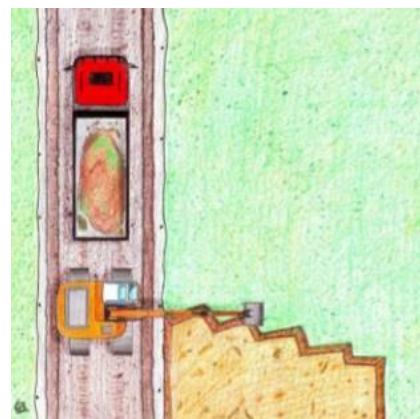
Au-delà des règles sur l'engagement des machines sur l'horizon A décrite précédemment, un second facteur entre en compte dans le décapage des horizons A et B : la manière dont ceux-ci sont réalisés.

En effet, alors qu'autrefois, un bulldozer suffisait à décaper d'énorme surface en « poussant » la terre. Cette pratique n'est, de nos jours, plus permise. En effet, la préservation des qualités et donc de la structure du sol oblige désormais les entreprises à les décaper en évitant tout écrasement, malaxage, mélange, lissage de la structure des terres.

De nos jours, les experts de la protection des sols estiment, unanimement, que la pelle hydraulique sur chenille est la machine la plus apte à effectuer les décapages en évitant une altération des qualités des sols.

À la vue des chapitres précédents, nous avons donc trois manières différentes d'entreprendre un décapage des horizons A et B :

Depuis une piste de chantier



Ce type de décapage depuis une piste de chantier permet d'avoir un accès à n'importe quelle zone du chantier que ce soit pour les machines ou les transports nécessaires à l'évacuation des terres ou à la livraison de matériaux sur le chantier.

Cette méthode est optimale pour des chantiers routiers ou ferroviaires

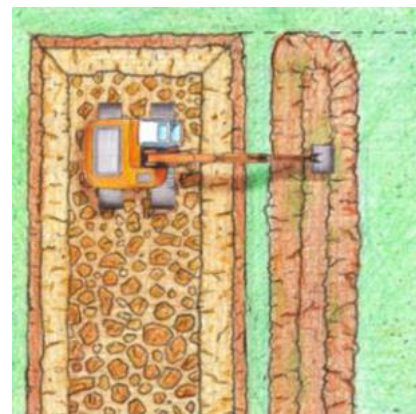
Depuis l'horizon A



Principalement utilisée pour des travaux de conduites et de collecteurs, cette méthode permet de limiter les coûts en évitant la mise en œuvre d'une piste de chantier.

Il faut alors être vigilant pour que des accès (route le long du chantier) soit possible pour l'éventuelle évacuation des matériaux excédentaires et des matériaux ou collecteurs qui devront être livrés sur le chantier.

Depuis l'horizon C (Fouille en pleine masse)



Pour des chantiers de gros-œuvre où la majorité des horizons A et B devra être évacuée. Cette méthode permet un accès et une rotation facile des camions pour l'évacuation des terres.

Entreposage des volumes terreux

La mise en dépôt des horizons A et B est également soumise à différentes directives qui devront être respecter. Ces directives visent à maintenir la fertilité du sol lors de son stockage.

- L'entreposage des horizons A, B et C doit être fait séparément.

- Les dépôts d'horizon A et B se fait directement sur l'horizon A. Le dépôt d'horizon C se fait sur l'horizon A pour autant qu'il soit séparé par un géotextile et que la dimension des tas soit, au maximum, de la même dimension que le dépôts d'horizon B.

- Aucun engin de chantier ne doit circuler sur les dépôts d'horizon A et B.

- Les dépôts d'horizon A et B ne doivent pas se situer dans une cuvette. Ils seront situés le plus en amont possible afin d'éviter qu'ils ne se gorgent d'eau.

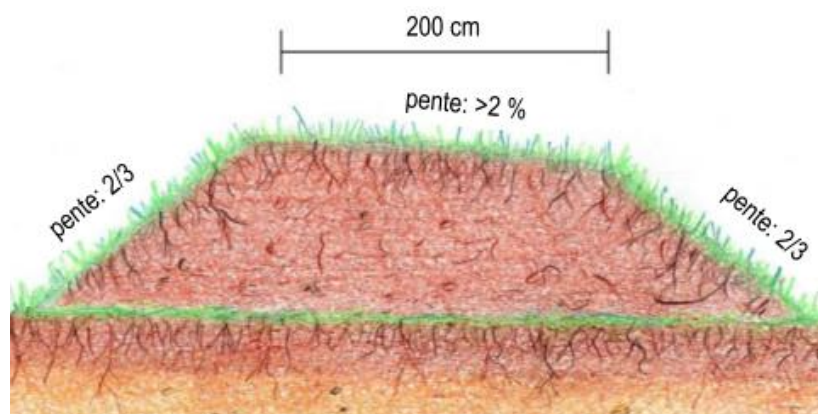
- Un système de captage d'eau ou de drainage doit être prévu du côté amont des dépôts afin d'éviter la création de flaques d'eau stagnante.

- Les dépôts d'horizon A et B seront en aucun cas lissés.

- En fonction de la durée d'entreposage, les dimensions et la forme des dépôts d'horizon A et B à respecter sont décrites ci-contre :

- Il est bon à savoir que dans des cas spéciaux où la place de dépôts ne serait pas assez grande, la hauteur des dépôts d'horizon A peut être de 2.00 mètres et celle des horizons B de 3.50 mètres.

Couche supérieure (horizon A)	Entreposage sans hivernage	Entreposage avec hivernage
Est-il nécessaire de procéder à un enherbement?	Oui, si la durée dépasse 5 mois; attention au risque de colonisation par des plantes indésirables: si ce risque existe, il est recommandé d'ensemencer rapidement.	Oui.
Hauteur du dépôt en fonction de la teneur argile et de la sensibilité des sols	1,5 m; 1 m si la teneur en argile dépasse 30 %	1,5 m; 1 m si la teneur en argile dépasse 30 %
Couche sous-jacente (horizon B)	Entreposage sans hivernage	Entreposage avec hivernage
Est-il nécessaire de procéder à un enherbement?	Oui, si durée >5 mois; si présence de plantes indésirables, ensemencement précoce à effectuer	Oui.
Hauteur du dépôt en fonction de la teneur argile et de la sensibilité des sols	2,5 m; 2 m si la teneur en argile dépasse 30 %	2,5 m; 2 m si la teneur en argile dépasse 30 %



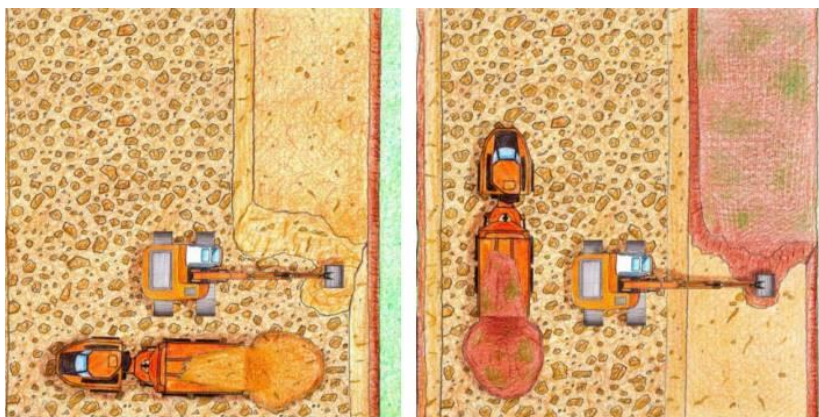
Remise en état des horizons A et B sur le chantier

Chaque chantier étant différent, chaque remise en état des dépôts d'horizon A et B le sera également. Celle-ci dépendra avant tout du choix de l'entreprise. Cependant, certains principes sont à suivre pour que tout le travail de préservation de la qualité des sols effectués depuis le début des travaux en pâte.

La remise en état des horizons A et B doit se faire successivement. Il faudra apporter un soin tout particulier à limiter au maximum leur maniement lors de cette étape et ne pas les mélanger entre eux.

Les horizons A et B ne peuvent être remis en place lorsqu'ils sont trop mouillés. Il faudra alors tenir compte de la météo lors de la planification de cette étape.

Il faudra également veiller à ce qu'aucun engin de chantier ne circule sur les horizons une fois remis en place.



La manière optimale de procéder pour cette remise en état est de l'effectuer par bandes : une bande d'horizon B directement recouverte dans la foulée par une bande d'horizon A.

Cas pratiques

Chantier 1 : Construction d'une nouvelle conduite pour la déviation d'une rivière



- 3000 m² de surface à décaper.
- Projet soumis à une étude d'impact sur l'environnement (réaffectation d'une rivière).
- Concept de protections des sols exigé par le service de l'environnement de Vaud.
- Epaisseur horizon A : 50 cm
- Epaisseur Horizon B : 70-90 cm
- Mise en place de deux tensiomètres à chaque extrémité du chantier
- Moyen de décapage : pelle sur chenilles élargies de 24 tonnes
- Concept Grisoni-Zaugq : cf plan annexé et explication lors de la présentation orale

Le concept de protection des sols exigé étant annoncé dans le dossier d'appel d'offre et les positions pour effectuer ces travaux étant présentes dans la soumission, aucune difficulté, retard ou coûts supplémentaires n'a été engendré.

Chantier 2 : Construction d'un nouveau bâtiment



- 6'000 m2 de surfaces à décaper
- >5000 m2 donc nécessite un suivi pédologique
- Le MO, représenté par un bureau d'architecte venu de Bern, n'a pas établi de concept de protection des sols et aucune information n'était présente dans le dossier d'appel d'offre ou dans la soumission.
- Lors de la dernière séance avant le début des travaux (une semaine avant), deux spécialistes en pédologie mandatés par l'Etat ont pris part à la discussion.
- Aucun travail n'a pu, dès lors, débuté sans qu'une analyse des sols en place ne soient faites par ces spécialistes.

Par chance, le sol en place était constitué d'une couche d'horizon A posé sur un ancien remblai. Aucun concept n'a été exigé par les pédologues. Cependant, la durée pour la prise d'échantillon, leur analyse et l'obtention des résultats a duré une semaine. Pendant ce temps-là, la main d'œuvre et les inventaires ont été à l'arrêt et ont été facturés au MO.

Bases légales – protections des sols

Bases légales fédérales

- Loi sur la protection de l'environnement (LPE)
- Ordonnance sur la protection de l'environnement (OSol)

Les différents cantons établissent leurs propres directives sur la protection de leurs sols en tenant compte de ces bases légales. Il y a lieu de consulter ces directives cantonales qui sont généralement plus restrictives.

- Fribourg : <http://www.fr.ch/sol/fr/pub/documentation.html>
- Vaud : <https://www.vd.ch/themes/environnement/sols/lois-et-directives/>
- Genève : <https://www.ge.ch/document/environnement-directive-application-du-reglement-protection-sols>
- Neuchâtel : <http://www.ne.ch/autorites/DDTE/SENE/Documents>
- Jura : <https://www.jura.ch/DEN/ENV/Sols-et-Sous-sols/Protection-des-sols.html>
- Valais : https://lex.vs.ch/frontend/syst_no_searches/3806

Références

- Sols et construction, OFEV 2015 - <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/publications-etudes/publications/sols-et-constructions.html>
- Constructions – conseils pour protéger les sols <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/publications-etudes/publications/construction-conseils-recommandations-protoger-sol.html>
- <http://soletconstruction.ch/Pages/default.aspx>
- Bases légales LPE et OSol
- Grisoni-Zaugg SA pour les chantiers exposés
- Directives cantonales sur la protection des sols des cantons de Fribourg et Vaud