

GESTION DES TERRES VEGETALES

EXIGENCES DU SERVICES DES ROUTES

FVE - Séminaire du 16 novembre 2010 à Tolochenaz

Claude KÜNDIG (Service des eaux, sols et assainissements)
François PETRICCIOLI (Service des Routes)

Table des matières

1.	Bases	3
1.1.	Pourquoi protéger les sols.....	3
1.2.	Bases légales.....	3
1.3.	Champ d'application.....	3
1.4.	Mesures de protection à planifier dans le projet d'exécution	7
1.4.1	Description de l'état initial	7
1.4.2	Réduction des surfaces décapées et des emprises temporaires.....	7
1.4.3	Information des exploitants agricoles.....	8
1.4.4	Mise en herbe préalable des terres labourées.....	8
1.4.5	Choix des machines	8
1.4.6	Engagement des machines	8
1.4.7	Décapage (retroussage) et remise en état de la terre végétale.....	9
1.4.8	Accès et pistes de chantier.....	9
1.4.9	Stockage temporaire et bilan des matériaux terreux.....	9
1.4.10	Remise en état.....	10
1.4.11	Remise en culture.....	11
1.4.12	Engagement d'un/d'une spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (suivi pédologiques)	11
2.	Planification du projet et répartition des tâches	12
3.	Exemple de l'H144.....	15
3.1.	Projet.....	15
3.1.1	Définition des objectifs quant à la protection des sols	15
3.1.2	Détermination de la nature des sols	15
3.1.3	Planning général des travaux	16
3.1.4	Suivi pédologique	16
3.2.	Appel d'offre	17
3.2.1	Description des sols.....	17
3.2.2	Définition des exigences.....	17
3.2.3	Analyse des offres	18
3.3.	Décapage.....	18
3.3.1	Autorisation de décapage	18
3.3.2	Suivi des travaux	21
3.3.3	Gestion des stocks	22
3.4.	Remise en état.....	24
3.5.	Remise en culture	25
4.	Quelques enseignements tirés de la pratique	25
4.1.	Mesures de protection adaptées à l'ampleur des travaux	25
4.2.	Influence des conditions atmosphériques et du type de culture.....	28
4.2.1	Conditions atmosphériques	28
4.2.2	Type de culture sur les parcelles à décapier	35
4.3.	Prise en compte des jours d'intempéries.....	36
4.4.	Documents d'appel d'offre incomplets.....	37
5.	Documentation	38
	Annexes.....	39

1. Bases

1.1. Pourquoi protéger les sols

Le sol forme une minuscule couche de l'écorce terrestre qui permet la vie. Support des activités humaines, il nourrit la population, filtre et recycle les effluents, préserve la qualité des eaux potables. La formation des sols est lente : 30 cm de sol prennent de 1'000 à 10'000 ans pour se créer. Il est donc essentiel de protéger ce bien pour qu'il garde ses propriétés et ses fonctions.

Lors des travaux de génie civil, les risques suivants menacent le sol :

- Compaction (diminution de perméabilité, asphyxie)
- Mélange du sol avec du déblai d'excavation
- Pollution

Les objectifs de la protection des sols visent donc à éviter, par des mesures appropriées, les différents dommages que pourraient subir les sols. Dans les travaux de génie civil, le but est de rendre le sol temporairement sollicité dans son état initial.

1.2. Bases légales

Lors de travaux de génie civil, la responsabilité juridique pour l'application des bases légales incombe au maître d'ouvrage ou mandant. Celui-ci doit intégrer des conditions particulières dans les contrats qui le lient à l'entreprise de terrassement. En cas de sous-traitance, l'entreprise chargée des travaux doit respecter ces conditions.

Les bases légales de la protection des sols se trouvent dans les articles 33-35 de la loi sur la protection de l'environnement [1] et dans l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols [2]:

Art. 6 Prévention de la compaction et de l'érosion

1 Quiconque construit une installation ou exploite un sol doit, en tenant compte des caractéristiques physiques du sol et de son état d'humidité, choisir et utiliser des véhicules, des machines et des outils de manière à prévenir les compactations et les autres modifications de la structure des sols qui pourraient menacer la fertilité du sol à long terme.

Art. 7 Manipulation des matériaux terreux

1 Quiconque manipule, excave ou décape un sol doit procéder de telle façon que le sol puisse être réutilisé en tant que tel.

2 Si des matériaux terreux sont utilisés pour reconstituer un sol (p. ex. en vue de la remise en état ou du remodelage d'un terrain), ils doivent être mis en place de telle manière que:

- a. la fertilité du sol en place et celle du sol reconstitué ne soient que provisoirement perturbées par des atteintes physiques;
- b. le sol en place ne subisse pas d'atteintes chimiques supplémentaires.

1.3. Champ d'application

Dans la plupart des travaux de génie civil, il est nécessaire de décaper ou d'excaver le sol. Ce dernier est soit remis en place après la fin des travaux, soit transporté ailleurs, notamment pour la remise en état de terrains. L'entreprise de génie civil utilise aussi temporairement le sol pour y installer le chantier ou pour déplacer des véhicules d'un endroit à l'autre.

La présente publication se réfère aux horizons A et B du sol au sens de la loi sur la protection de l'environnement [1] (voir fig. 1), autrement dit à « la couche de terre meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes » (art. 7, al. 4bis). Après le décapage, les horizons A et B sont appelés « matériaux terreux ». L'horizon C produit des « matériaux d'excavation ». La valorisation et l'élimination des matériaux terreux sont traitées dans la directive fédérale sur les matériaux terreux [3]. Celle des « matériaux d'excavation » est traitée quant à elle dans la directive fédérale sur les matériaux d'excavation [4].

Définition du sol au sens légal

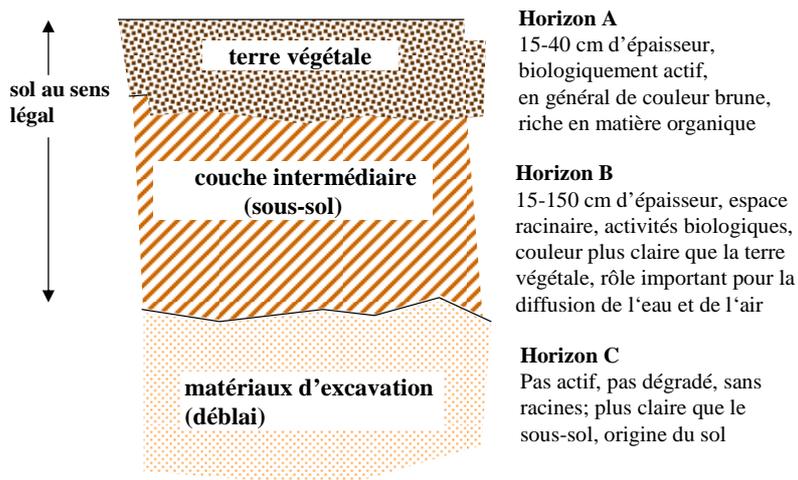


Figure 1 : La protection des sols s'applique aux horizons A et B.

Le sol est un milieu vivant. Il abrite des milliards d'organismes. Comme nous tous, les organismes vivant dans le sol ont besoin d'air et d'eau. L'approvisionnement en air et en eau dépend directement de la **porosité** du sol. Celle-ci s'élève en moyenne à 50% du volume du sol (voir fig. 2).

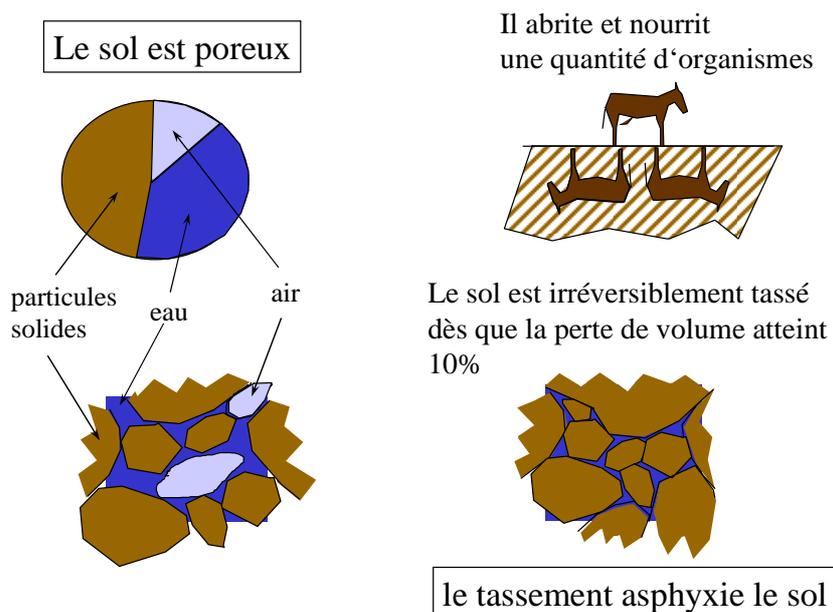


Figure 2 : La porosité du sol est essentielle au maintien de ses fonctions.



Figure 3. Scraper-dozer en train de constituer un dépôt de terre végétale : La machine doit circuler sur le dépôt, ce qui provoque inévitablement des compactations et une destruction de la porosité. Pour cette raison, ce type de machine ne convient pas pour le décapage de la terre végétale.

Selon la bonne pratique actuelle, le décapage et la reconstitution des horizons A et B se font à l'aide de pelles sur chenilles. Les machines doivent éviter de circuler sur l'horizon B.



Figure 4 : Décapage depuis l'horizon A. Les camions circulent sur l'horizon C. La pelle ne circule pas sur l'horizon B.



Figure 5 : Décapage en bandes. La machine ne circule pas sur l'horizon B.



Figure 6 : Reconstitution du sol en depuis l'horizon C. La machine ne circule pas sur le sol reconstitué.



Fig. 7 : Lorsque les dépôts de terre végétale ont plus de dix ans, il est préférable de reconstituer le sol en deux étapes. La première année, l'horizon B est mis en place et est enherbé. L'année suivante, l'horizon A est épandu après avoir fauché l'herbe. Le bull marais est uniquement utilisé pour répartir et aplanir, il ne pousse pas la terre.

1.4. Mesures de protection à planifier dans le projet d'exécution

1.4.1 Description de l'état initial

Quelle est l'utilisation du sol avant les travaux ? S'agit-il de terres agricoles, de prairies permanentes, de surfaces d'assolement, de surfaces vertes (gazon) ? Quelle est la profondeur utile du sol en cm ? Le sol est-il sensible à la compaction (teneur élevée en argile, terrains humides) ? Les matériaux terreux (A et B) ainsi que les matériaux d'excavation doivent être décapés et utilisés séparément. C'est pourquoi il convient de déterminer la limite entre ces types de matériaux. La description de l'état initial permet de planifier les mesures préventives adéquates et de reconstituer un sol dans l'état d'origine [7]. Il permet également de constater des atteintes présentes avant les travaux (compactations, drainages défectueux, corps étrangers, pollutions).

1.4.2 Réduction des surfaces décapées et des emprises temporaires

Le décapage de la terre végétale détruit la structure du sol et la porosité naturelle pour de nombreuses années. C'est pourquoi il faut minimiser les surfaces décapées. Les surfaces temporairement utilisées pour le chantier (installation, dépôt de matériel, etc.) ne doivent pas être décapées mais protégées par un coffre de gravier (voir les caractéristiques du coffre au

point 1.4.8 accès et pistes de chantier) posé directement sur le sol non décapé. Une fois protégé, le sol peut supporter de fortes charges et cela durant plusieurs années. Un chantier bien organisé minimise les surfaces décapées, réduit les emprises temporaires et donc les coûts.

1.4.3 Information des exploitants agricoles

Les exploitants agricoles doivent être informés. En particulier, ils doivent comprendre les mesures prises pour la protection des sols. Les agriculteurs peuvent faciliter les mesures en acceptant de modifier leur rotation des cultures, par exemple en renonçant à la culture du maïs en faveur d'une prairie temporaire (voir point suivant). Ces modifications de l'utilisation des sols doivent être indemnisées de la même manière que les emprises temporaires. Des conseillers agricoles peuvent faire des estimations reconnues par les agriculteurs.

1.4.4 Mise en herbe préalable des terres labourées

La comparaison entre des prairies naturelles et des terres labourées montre que les sols nus sont plus compactés (moins de pores et une capacité d'infiltration diminuée). La structure du sol des prairies est plus stable et résiste mieux aux atteintes physiques dues au décapage. Est-il possible de faire semer une prairie avant les terrassements? Cette mesure doit être planifiée à l'avance avec l'agriculteur et doit être éventuellement indemnisée.

1.4.5 Choix des machines

Le choix des machines doit correspondre à la bonne pratique actuelle. La pelle hydraulique munie de godets sans dents est la machine qui permet de décapier et de remettre en état en réduisant les compactations au minimum. La pelle peut être engagée plus tôt après une période de pluie. Les machines idéales sont légères et munies de chenilles larges. L'entreprise doit dresser une liste des machines engagées pour les décapages et la manipulation des matériaux terreux. La liste doit contenir le poids total en ordre de marche, la pression au sol et la pression tensiométrique minimale pour l'engagement des machines.

1.4.6 Engagement des machines

Les horizons A et B ne doivent pas être décapés ou manipulés si leur état d'humidité les rend plastiques. Cela détruit leur structure poreuse et rend la remise en état impossible. La planification du chantier doit prévoir la possibilité d'anticiper ou d'interrompre les décapages selon l'état des sols. Le personnel doit être informé sur les mesures à prendre si les décapages ne sont plus possibles. La limite de l'engagement des machines se fait avec des tensiomètres qui mesurent la force de succion du sol lorsqu'il se ressuie après une pluie. Cinq tensiomètres sont placés à un emplacement représentatif du terrassement. La valeur médiane est relevée tous les jours durant les décapages et les remises en état. Si la pression de succion est inférieure à 6 centibars, les travaux de décapages doivent être interrompus. Si la pression est de 6 à 10 centibars, le décapage est possible mais les machines ne doivent pas se déplacer sur le sol à moins qu'il ne soit protégé par une piste (voir le point 1.4.8). A partir de 10 centibars, le décapage est possible. Si le sol est sensible à la compaction (taux élevé d'argile), ces valeurs doivent être majorées de 10 centibars. Pour les petits chantiers, l'appréciation tactile permet d'évaluer si l'état d'humidité du sol permet le décapage. La terre prélevée avec une bêche à 35 cm de profondeur doit s'effriter et se défaire en grumeaux friables. Si la terre est malléable elle

est trop humide. Lorsqu'elle colle dans le godet de la pelle, les dégâts de compaction sont inévitables.

1.4.7 Décapage (retroussage) et remise en état de la terre végétale

Si nécessaire, une piste d'attaque est constituée pour accéder aux surfaces (fig. 8). Le décapage se fait depuis l'horizon A (fig. 4 et 5) ou C. Il faut éviter de rouler sur l'horizon B très sensible aux compactions. La reconstitution se fait depuis l'horizon C en évitant également de rouler sur l'horizon B (fig. 6) à moins de reconstituer le sol en deux phase (fig. 7).

1.4.8 Accès et pistes de chantier

La planification du chantier doit utiliser au maximum les accès existants. Les véhicules à pneus ne doivent pas circuler sur le sol naturel. Une piste (fig. 8) doit être aménagée pour les machines sur pneus ou les camions. Les pistes de chantier permettent de répartir les charges et de réduire la compaction du sol. Elles sont construites avec du gravier correspondant à la norme suisse des constructeurs de route SN 670119a (GNT 0/45). Le gravier est déchargé sur le sol naturel non décapé, sec et protégé par un géotextile (bidim). L'épaisseur doit être de 50 cm après roulage. Ces pistes permettent aussi de décaper le sol lorsque son état d'humidité ne permet pas d'y circuler. S'il n'est pas possible de construire des pistes, l'utilisation de véhicules légers à chenilles pour les transports (dumper) permet de réduire la pression au sol.



Fig. 8 : Pistes de chantier permettant les transports avec des camions sur la terre végétale.

1.4.9 Stockage temporaire et bilan des matériaux terreux

Le projet prévoit-il une réutilisation des matériaux terreux ? Faut-il prévoir un stockage ? Y aura-t-il un excédent ? Quelles seront les volumes de A et B décapés, stockés ou évacués ?

L'emplacement et l'accès des dépôts doit être planifié : Les dépôts de matériaux terreux ne doivent pas être trop hauts [8]. La hauteur maximale d'un dépôt d'horizon A est de 2,5 m, (si la teneur en argile dépasse 30%, il faut réduire la hauteur à 2 m). La hauteur maximale d'un dépôt d'horizon B est de 6 m (4 m si la teneur en argile dépasse 30%). Les dépôts ne doivent pas être aplatis ou lissés. Ils ne doivent jamais être placés dans une cuvette car, en cas d'intempéries, ils risqueraient d'avoir « les pieds dans l'eau » et de s'asphyxier. La surface nécessaire pour les dépôts doit être prévue sur les plans, elle dépend des volumes décapés. L'eau de pluie doit pouvoir s'écouler. Le cas échéant, il faut prévoir des drainages. Les dépôts de terre ne doivent pas être parcourus par des machines de chantier.



Fig. 9 : Stockage correct des matériaux terreux : à gauche contre la clôture, l'horizon A, puis, séparé par un géotextile noir, l'horizon B. La hauteur des tas est conforme à la protection contre les compactions.

1.4.10 Remise en état

Pour la remise en état, la pelle se trouve idéalement sur l'horizon C (la planie) et dépose les horizons B puis A en une seule opération (fig. 4). Après la remise en état, le sol doit être présenté à l'exploitant et au propriétaire. L'épaisseur des horizons A et B doit correspondre à l'état initial. Les défauts (pierres, inégalités de terrain) sont enregistrés dans un procès-verbal. Le maître d'ouvrage est responsable des améliorations ou assainissements nécessaires. Après l'enlèvement des pistes et installations de chantier sur coffre de gravier, le sol devra éventuellement être aéré à l'aide de machines agricoles spécialisée (chisel, herses, etc.).

1.4.11 Remise en culture

L'exploitant agricole doit, de son côté, prendre toutes les mesures nécessaires pour éviter les compactations car le sol fraîchement remis en état ne peut ni porter des machines lourdes ni supporter le piétinement du bétail. Le maître d'ouvrage doit financer la pose éventuelle de clôtures ou le semis de prairie durant la phase de remise en culture. Pour les surfaces de plus de 5000 m², il est vivement conseillé de conclure un contrat avec l'exploitant agricole pour l'utilisation du sol durant les premières années après la remise en état afin d'éviter des dégâts dus à une exploitation inappropriée du sol. Un modèle est disponible sur le site Internet du canton de Vaud, (voir le thème environnement, sols, lois et directives, contrat de remise en culture). Dans les situations normales, l'utilisation agricole normale du sol peut se faire dès la quatrième année après la remise en état. L'agriculteur doit être indemnisé pour la perte de rendement due aux restrictions d'exploitation.

1.4.12 Engagement d'un/d'une spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (suivi pédologiques)

Lorsque le projet implique des emprises temporaires supérieures à 5'000 m², ou si le projet prévoit le décapage de sols sensibles à la compaction, pollués ou susceptibles de l'être, si l'utilisation de grosses machines de chantier et/ou le déplacement de grandes quantités de terre sont prévues, l'engagement d'un/d'une spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (suivi pédologique) agréé par les autorités est nécessaire.

Le suivi pédologique a pour but d'appliquer sur le chantier les exigences légales et de garantir la mise en œuvre des mesures de protection prévues dans le projet. Il doit en plus permettre :

- de conseiller la direction du chantier lors d'une situation limite (intempéries) et ainsi de faciliter la réalisation des travaux
- de décharger la direction des travaux pour tout ce qui concerne la prévention des dommages aux sols et la remise en état
- de rassurer les propriétaires/exploitants agricoles ou les paysagistes qui redoutent des dégâts durables aux sols temporairement décapés [12]
- d'éviter les assainissements et les paiements de compensation en cas de mauvaise remise en état

Le coût de l'engagement d'un suivi pédologique ne devrait pas dépasser les 3 à 4 o/oo du coût total d'un projet. Les services cantonaux peuvent fournir des adresses de personnes qualifiées et expérimentées (Une liste pour le canton de Vaud se trouve en annexe). Le suivi pédologique doit déjà être engagé très tôt durant la phase de planification, de façon à pouvoir intégrer les mesures de protection des sols dès le début du projet. Les tâches et les compétences du suivi pédologique doivent être décrites dans un cahier des charges qui doit être soumis aux autorités cantonales pour approbation.

Phase de planification

Le ou la spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (suivi pédologique) planifie les mesures de protection décrites plus haut. En particulier, le suivi pédologique conseille le chef de projet lors de l'adjudication des travaux de terrassement. En effet, il est impératif que les contrats contiennent des conditions particulières liées à la protection des sols car les mesures de protection peuvent avoir une influence sur les coûts (par exemple : choix des machines, délais, interruptions en cas d'intempérie, pistes de chantier, etc.).

Phase de construction

Le suivi pédologique instruit les machinistes, indique les profondeurs de décapage, participe aux séances de chantier, donne le feu vert aux travaux de terrassements (horizons A et B) selon des critères prédéfinis (situation météorologique, lecture des valeurs tensiométriques respectivement force de succion du sol, caractéristiques du sol, évaluations sur place : essais à la pelle, par sondage, etc.) et propose des solutions en cas limite. Le suivi pédologique accompagne la construction et la reprise des dépôts temporaires. Enfin il assure la qualité de la remise en état en contrôlant la pente minimale de la surface de comblement avant la reconstitution du sol, l'état des matériaux terreux lors de la reprise des dépôts et l'épaisseur des horizons A et B.

Phase de remise en culture (après la réception des travaux)

Le suivi pédologique doit remettre les surfaces à l'exploitant agricole lui faire signer un procès-verbal attestant la qualité et l'état du sol telle qu'elle était dans l'état initial (voir modèle en annexe de [10]). Le suivi pédologique enregistre les défauts éventuels et organise les mesures nécessaires. Il instruit l'exploitant agricole sur l'utilisation du sol en phase de rétablissement (fumure, utilisation en prairie, lutte contre les mauvaises herbes). Le procès-verbal a lieu chaque automne durant trois ans, afin de vérifier si la remise en état n'a pas de défaut caché (mouille, affaissement, etc.) et si l'exploitant agricole a exploité la surface selon les instructions du suivi pédologique. A la fin des trois années de culture, le dernier procès-verbal libère le maître d'ouvrage de toute obligation d'assainissement.

2. Planification du projet et répartition des tâches

La répartition des tâches et des responsabilités est essentielle dans toutes les phases de la construction.

Le tableau 1 ci-dessous illustre la répartition des tâches pour la protection des sols dans un projet de construction organisé de manière traditionnelle.

Protection des sols avec suivi pédologique du chantier: Etapes de planification et répartition des tâches (d'après RPH 103 de la SIA)						
Phases	Phases partielles	Maître d'ouvrage Mandant	Direction du projet Direction des travaux	Responsable de la protection des sols	Entrepreneur	Propriétaire foncier/exploitant
Définition des objectifs	Enoncé des besoins, approche méthodologique	Définition des objectifs en matière de protection des sols.				
Etudes préliminaires	Définition de l'objet, étude de faisabilité					
	Procédure de choix de mandataires	Choix des spécialistes pour le suivi pédologique.				
Etude du projet	Avant-projet	Intégration de l'aspect protection des sols dans le choix des variantes. Orientation des propriétaires.	Intégration des objectifs du maître de l'ouvrage en matière de protection des sols dans la planification des travaux.	Evaluation des terres.		Droit à être informé par le maître de l'ouvrage.
	Projet de l'ouvrage	Acquisition des terrains. Convention pour les emprises provisoires. Orientations des propriétaires.	Dimensionnement des emprises. Planification des travaux en fonction des objectifs du maître de l'ouvrage en matière de protection des sols. Planification des décapages, des mises en stocks et des remises en état de terrains.	Cartographie des sols. Analyse éventuelle des polluants. Cahier des charges pour le suivi pédologique des travaux. Conseil à l'auteur du projet pour l'emplacement des dépôts et emprises temporaires.		Droit à être informé par le maître de l'ouvrage.
	Procédure de demande d'autorisation	Présentation du cahier des charges du suivi pédologique aux autorités.	Etude ou notice d'impact sur l'environnement. Dossier d'enquête publique.	Rédaction du chapitre sur la protection des sols dans l'étude ou la notice d'impact sur l'environnement		
Appel d'offres	Appels d'offres, comparaison des offres, propositions d'adjudication	Prise en compte des aspects protection des sols dans le choix des entreprises.	Intégration de la protection des sols dans l'appel d'offre, l'analyse des offres et la proposition d'adjudication.	Conseil à l'auteur du projet pour la rédaction des appels d'offres et pour l'analyse des offres des entreprises.	Intégration dans le calcul et l'établissement de l'offre des objectifs du maître de l'ouvrage et des prescriptions en matière de protection des sols.	

Protection des sols avec suivi pédologique du chantier: Etapes de planification et répartition des tâches (d'après RPH 103 de la SIA)						
Phases	Phases partielles	Maître d'ouvrage Mandant	Direction du projet Direction des travaux	Responsable de la protection des sols	Entrepreneur	Propriétaire foncier/exploitant
Réalisation	Projet d'exécution		Etablissement des plans d'exécutions.			
	Exécution de l'ouvrage	Résiliation de baux. Indemnisation des exploitants pour les emprises temporaires. Information du public.	Prise de possession des emprises temporaires et définitives. Planification et surveillance des travaux touchant les sols.	Participation aux séances de chantier. Conseil à la direction des travaux en cas de conditions pédologiques limites. Suivi des décapages et du stockage des sols. Suivi de la reconstitution des sols.	Exécution des travaux sur les sols conformément aux lois, normes et directives, ainsi qu'aux conditions contractuelles et aux prescriptions « assurance-qualité » du maître de l'ouvrage.	Remise des terrains. Participation aux séances d'information sur l'état des travaux. Eventuellement exécution de travaux agricoles d'entretien (stockage des sols).
	Mise en service, achèvement	Vérification commune (réception) des terrains remis en état. Vérification commune des terrains remis en état. Indemnisation des exploitants agricoles pour la remise en culture (3 ans de prairies). Décharge du maître d'ouvrage pour la protection des sols.	Vérification commune (réception) des terrains remis en état. Suivi de l'élimination des défauts. Vérification des terrains remis en état. Suivi de l'élimination des défauts cachés. Restitution provisoire des surfaces utilisées temporairement. Restitution finale des surfaces en vue d'une utilisation normale.	Vérification commune (réception) des terrains remis en état. Conseil à la direction des travaux pour l'élimination des défauts. Vérification finale des terrains remis en état. Conseil à la direction des travaux pour l'élimination des défauts cachés. Conseil aux exploitants agricoles. Restitution finale à la fin de la remise en culture. Présentation aux autorités de surveillance.	Vérification commune (réception) des terrains remis en état. Elimination des défauts. Vérification finale des terrains remis en état. Elimination des défauts cachés.	Reprise des parcelles réaménagées ou utilisées temporairement. Remise en culture. Entretien du sol durant la phase de remise en culture. Exploitation normale des surfaces après la fin de la remise en culture.
Exploitation	Fonctionnement					
	Maintenance					

Tableau 1 : Répartition des tâches en fonction des phases du projet

3. Exemple de l'H144

3.1. Projet

3.1.1 Définition des objectifs quant à la protection des sols

L'objectif principal du maître de l'ouvrage est la minimisation des surfaces décapées; pour ce faire, il a pris les options suivantes au niveau du projet:

- réalisation des pistes de chantier sur les chemins existants ou dans l'emprise du remblai
- construction des fossés drainants de part et d'autre du remblai sans décapage préalable en réalisant des pistes provisoires directement sur la terre végétale enherbée;
- stockage de la terre végétale et de la couche intermédiaire directement sur la terre végétale enherbée; les pistes d'accès au stock sont aussi réalisées sur la végétale enherbée;
- réalisation, dans la mesure du possible, des places d'installation des entreprises sans décapage préalable.

En plus, le maître de l'ouvrage tient à réaliser les décapages dans les meilleures conditions possibles, ce qui a pour conséquences:

- la détermination de la nature des sols;
- l'élaboration d'un planning général permettant la réalisation des travaux de décapage conformes aux directives en fonction des conditions météorologiques et de la dernière culture;
- la mise en place d'un suivi des décapages, du stockage et de la remise en place de la terre végétale et de la couche intermédiaire.

3.1.2 Détermination de la nature des sols

L'acquisition des terrains nécessaires à la construction s'est faite par le biais d'un syndicat d'amélioration foncière. Dans le cadre de celui-ci, la valeur agricole des parcelles a été déterminée

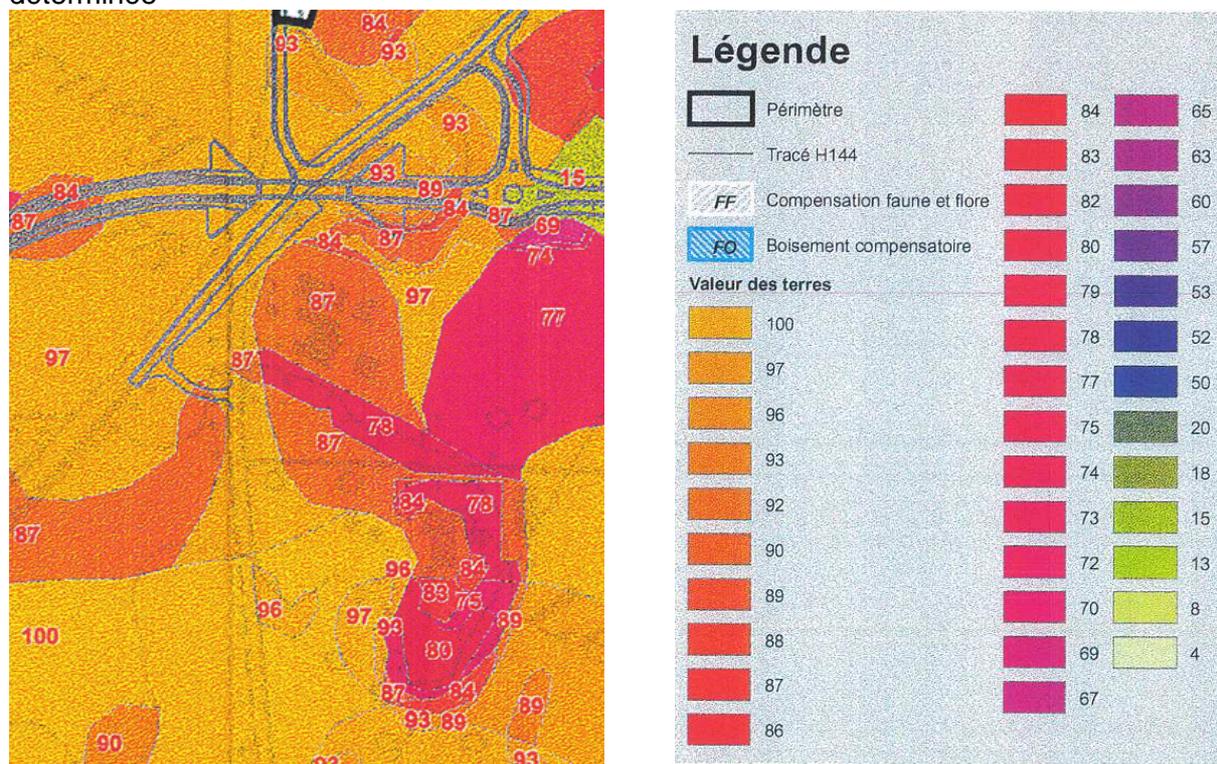


Fig. 10 : Valeur des sols

Le maître de l'ouvrage a fait établir les cartes de décapage (figure 11) de toutes les parcelles touchées. Elles sont le résultat d'une campagne approfondie de sondages à la tarière dans le but de déterminer l'épaisseur des couches de terre végétale et de couche intermédiaire. Elles ont servi de base pour l'établissement des avant-métrés.

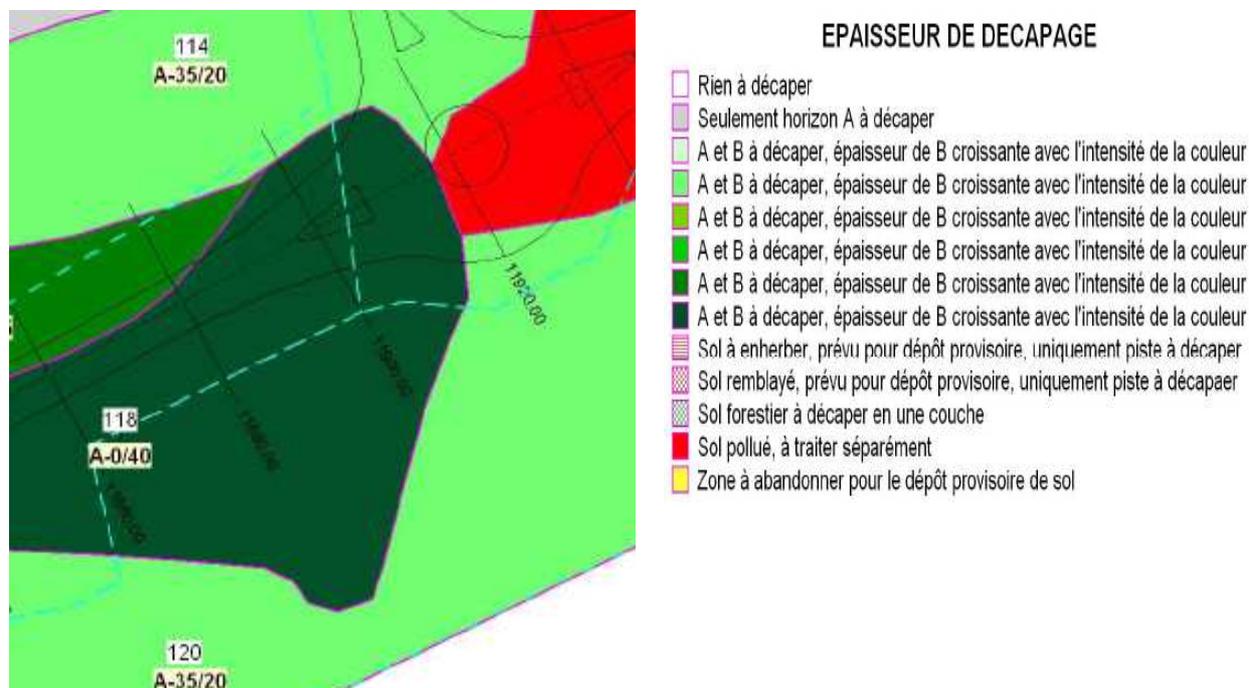


Fig. 11 : Extrait d'une carte de décapage

3.1.3 Planning général des travaux

Dans sa planification générale du projet, le maître de l'ouvrage a veillé à ce que les travaux de décapage ne se trouvent pas, dans la mesure du possible sur le chemin critique du programme des travaux. C'est une des raisons qui l'a conduit à entreprendre la construction des remblais dès la première année des travaux, malgré les risques potentiels de conflits avec les travaux des ouvrages, notamment en ce qui concerne les transports et l'organisation des travaux de terrassement.

Ces travaux ont été planifiés sur deux ans, avec un début prévu des travaux de décapage durant le mois d'avril. Le volume des travaux a été réparti de manière à pouvoir absorber un décalage important du début des décapages sans devoir prendre des mesures d'accélération pour respecter le délai final. Cela est d'autant plus important qu'il n'a pas été possible au maître de l'ouvrage de planifier la mise en herbe avant décapage.

3.1.4 Suivi pédologique

Le mandat de suivi environnemental de la réalisation couvre l'aspect protection des sols. Cependant, pour des questions de planification, l'établissement des cartes de décapage n'a pas pu être intégré dans ce mandat. De plus, le suivi de la remise en culture se fera de manière globale sous l'égide du syndicat AF.

Les prestations complètes pour le suivi pédologique en phase chantier (hors suivi des remises en culture) se montent à environ CHF 120'000.-- pour un projet à plus de 100 millions

3.2. Appel d'offre

3.2.1 Description des sols

Afin de donner à l'entrepreneur, la vision la plus complète des travaux sur les sols, les cartes de décapage ont été incluses, à titre d'information, dans le dossier d'appel d'offre.

Etant donné les états d'avancement respectifs du syndicat AF et du projet routier, nous n'avons pas pu déterminer la dernière culture avant décapage et l'affectation future de la zone réaménagée de Crebelley.

3.2.2 Définition des exigences

Au même titre que toutes les autres normes (SIA et VSS) sur les terrassements, la norme 640 583 « Terrassement, sol – Emprises et terrassements, entreposage, mesures de protection, remise en place et restitution » fait partie des règles de l'art et doit être par conséquent prise en compte dans le projet et faire partie du contrat.

Il convient d'indiquer clairement, dans les documents d'appel d'offre, les dispositions à respecter par les entreprises lors des travaux de décapage et de remise en état, la simple référence aux usages et aux normes n'est à notre avis pas suffisante.

Le Service des routes définit de manière précise dans les CAT-SR (conditions administratives du services des routes), le complément environnemental à ces dernières et les conditions particulières du contrat, les exigences qu'il entend faire respecter par les entreprises. On peut en résumer l'essentiel comme suit:

1 Généralités:

- Les travaux de décapages, de mise en stock et de remise en état ne peuvent se dérouler que par des conditions atmosphériques favorables.

2 Décapage:

- Pour décaper la terre végétale, on utilisera impérativement une pelle à chenille munie d'un godet lisse de talutage, placée sur la terre végétale à décaper.
- La pression au sol des pelles roulant sur la terre végétale est limitée en fonction du poids de la machine et de l'humidité du sol; la valeur maximale tolérée est de 600 g/cm².
- Pour la sous-couche, le choix de la machine est libre, mais elle doit se situer sur l'horizon C ou sur l'horizon A, il lui est formellement interdit de rouler sur la sous-couche.
- Pour les travaux de décapage l'entrepreneur doit planifier l'utilisation des engins les plus légers possibles afin de s'affranchir le plus possible des mauvaises conditions météorologiques (voir tableau 2).

Pression au sol	Poids total de la machine				
	5 t	9 t	18 t	33 t	40 t
300 g/cm ²	10 ¹ / 20 ²	10 / 20	10 / 20	13 / 23	15 / 25
500 g/cm ²	10 / 20	10 / 20	12 / 22	21 / 31	25 / 35
600 g/cm ²	10 / 20	10 / 20	14 / 24	25 / 35	30 / 40

¹Pour les sols contenant moins de 30 % d'argile.
²Pour les sols contenant plus de 30% d'argile.

Tableau 2 : Valeurs tensiométriques minimales en fonction du poids et de la pression au sol des machines

3 *Transport:*

- Aucun engin à pneu ne peut circuler sur la terre végétale même enherbée.

4 *Stockage:*

- Il est strictement interdit de circuler sur les tas avec des machines ou des camions, sauf pour le réglage des tas avec des machines légères à chenilles larges (300 g/cm²).
- Pour la mise en stock, la machine est placée à côté du tas et reprend les matériaux amenés pour constituer le tas.
- Les hauteurs de tas sont limitées.

5 *Remise en état:*

- La mise en place de la sous-couche sur la surface défoncée au ripper et de la terre végétale sur la couche intermédiaire est réalisée à la pelle mécanique posée sur le remblai hors zone défoncée.
- La mise en place des deux couches se fait en une seule séquence de travail, par bandes parallèles dont la largeur est fonction de la portée de la pelle mécanique.
- Il est interdit de rouler sur la surface défoncée ainsi que sur la sous-couche et la terre végétale fraîchement mises en place.

6 *Installation et pistes de chantier de l'entrepreneur:*

- Les places d'installations et les pistes doivent être dans la mesure du possible réalisées sans décapage (géotextile + grave)
- Les éventuels décapages et remises en état sont inclus dans le forfait d'installation.

3.2.3 Analyse des offres

Afin de pouvoir prendre en compte la protection des sols lors de l'analyse des offres, le maître de l'ouvrage a demandé aux entreprises de faire figurer les éléments suivants dans leur notice technique:

- le plan et la description détaillée des installations,
- le schéma de principe pour le décapage de la terre végétale et de la sous-couche,
- le schéma de principe pour la mise en stock de la terre végétale et de la sous-couche,
- le schéma de principe pour la remise en état de parcelles agricoles,
- la méthodologie que l'entrepreneur entend appliquer pour la construction des drainages et fossés,
- la description de la piste de chantier de l'entrepreneur pour la construction des drainages et fossés,
- la description des autres mesures prévues pour la protection des sols.

Ces documents ont été analysés par le mandataire responsable du suivi pédologique.

3.3. Décapage

3.3.1 Autorisation de décapage

Afin de pouvoir autoriser les décapages, le pédologue mandaté a établi 4 stations de mesures de 3 ou 5 tensiomètres.

Différents intervenants sur le terrain ont été instruits pour effectuer des mesures en compléments du pédologue.



Fig. 12 : Station de mesure tensiométrique

Le pédologue les a rassemblées et mise sous forme de courbes afin de pouvoir déterminer une tendance.

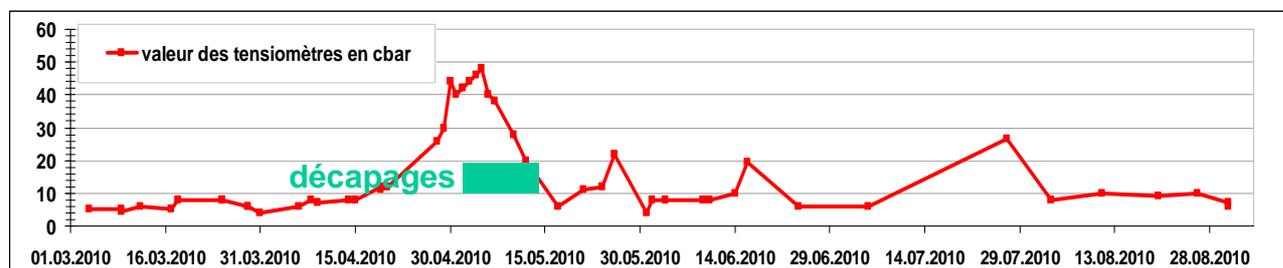


Fig. 12 Relevé des mesures

Sur cette base et en fonction de la nature du terrain, des seuils prescrits et des conditions atmosphériques prévues, il a donné à l'entreprise l'autorisation de décapage. Cette dernière a été formalisée dans le "plan qualité environnemental" du maître de l'ouvrage



Service des routes
Travaux

1/2

PSER - SR Cahier n°2

Gestion des sols : autorisation de décapage

Réf. chantier – lot : H144 CE00125	Période de travaux : 10 mai à fin mai 2010
Viaduc sur l'A9 (culée côté VD)	
Conditions météorologiques des 5 derniers jours mois d'avril sec et chaud, puis plus froid et humide, voir pluvieux depuis début mai 2010	
Type de machine utilisée : pelle retro	Poids : 21 tonnes
	Pression au sol : 400 g/cm²

Appréciation des caractéristiques du sol (taux d'humidité) : **sol brun minéral à caractère gleyifié, relativement bien ressuyé, sensibilité à la compaction normale, relativement bien drainant, présence texture silteuse-argileuse. Couverture: champs cultivés plantés (pousses de blé de 30 à 40 cm).**

Lecture des tensiomètres	Force de succion (en centibars)	Lecture des tensiomètres	Force de succion (en centibars)
Côté Nord (installation)		Côté Sud (pylône)	
Tensiomètre 1	34	Tensiomètre 1	28
Tensiomètre 2	60	Tensiomètre 2	35
Tensiomètre 3	56	Tensiomètre 3	10
Valeur médiane	56		35

En dessous de 10 centibars, les travaux ne sont pas autorisés.

La force de succion minimale à respecter dépend du type de machine utilisée, selon le tableau ci-dessous (valeurs en centibars) : **11 cbar**

Pression au sol	Poids total de la machine				
	5 t	9 t	18 t	33 t	40 t
300 g/cm ²	10	10	10	13	15
500 g/cm ²	10	10	12	21	25
600 g/cm ²	10	10	14	25	30

Note : Pour des sols à teneur en argile supérieure à 30%, les forces de succion minimales à respecter sont plus élevées (+10 centibars).

Décision

Les travaux de décapage des sols sont autorisés (oui/non) : **oui**

L'utilisation / l'accès à la zone de stockage des sols est possible (oui/non) : **oui, le stockage se fait sur place (transports intermédiaire en camion sur les pistes de chantier)**

Destination des matériaux décapés (n°tas, lieu) : **les matériaux décapés (env. 30 à 35 cm d'horizon A selon les cartes de décapages) sont stocké sur place dans l'enceinte de l'installation de chantier.**



Service des routes, Département des infrastructures DINP
www.vd.ch – T 41 21 316 76 56 – F 41 21 316 72 62
www.vd.ch/sr – www.vd.ch/routes – info.sr@vd.ch
F11-19/12.07/PSER_H144-ViaducA9_cahier2_decapage_mai10.doc



Service des routes
Travaux

2/2

PSER - SR Cahier n°2

Remarques complémentaires :

Vu les conditions météorologiques actuelles (pluies intermittentes), les recommandations particulières suivantes ont été appliquées:

- de réduire au maximum les emprises.
- de travailler à l'avancement dans la mesure du possible, ne surtout pas rouler sur l'horizon B (si présent).
- utilisation d'un gobet sans dents.
- le SER est présent pendant les décapages in situ
- les horizons A et év. B (selon les cartes de décapages) sont déposés séparément dans les zones de stockage en forme d'andain selon CAT SR, ils doivent encore être identifiés (endroit, période, conditions, horizons, ...), puis ensemencés avec un mélange:
 - en premier lieu: mélange à base de luzerne et de trèfle (Medicago sativa – Trifolium pratense), soit par exemple: OH Trèfle souterrain (caractéristiques: "dépôts de terre et d'humus, croissance basse, combat les adventices") ou VSS G + trèfles
 - autres possibilités: herbe du soudan (Sorghum sudanese), carotte sauvage, moutarde jaune, tournesol, radis oléifère.

Date : **10.05.10**

Visa SE : **C. Thomas**

Visa DLT :



Service des routes, Département des infrastructures DINP
www.vd.ch – T 41 21 316 76 56 – F 41 21 316 72 62
www.vd.ch/sr – www.vd.ch/routes – info.sr@vd.ch
F11-19/12.07/PSER_H144-ViaducA9_cahier2_decapage_mai10.doc

Fig. 13 : Autorisation de décapage

3.3.2 Suivi des travaux

Tous les travaux de décapage sont suivis par le mandataire responsable du suivi pédologique. Il fonctionne dans ce stade comme mandataire spécialisé en appui de la direction locale des travaux au même titre, par exemple, qu'un laboratoire d'essai des matériaux.

En fonction des travaux planifiés, il participe aux séances de chantiers les encadrant pour:

- conseiller la direction locale des travaux pour leur planification,
- rendre compte du suivi des travaux à la direction locale des travaux,
- rendre compte des non-conformités et conseiller la direction des travaux sur les mesures correctives et préventives à prendre.

Pour ces dernières, on emploie la fiche de non-conformité standard.



Service des routes
Travaux
PSER - SR Cahier n°2

7/7

Fiche de non-conformité pour chantier

D51-2

25.07.2000

à remplir selon la directive D51-4

1. Constat du défaut ou de la non-conformité: Ouvrage: _____ Localisation: _____ Partie d'ouvrage: _____ Description de l'anomalie : _____ Cause présumée: _____ N° de la fiche: _____ Détection du constat, par: _____ date: _____ heure: _____	
2. Mesures prises d'urgence : Par: _____ date: _____ heure: _____	
3. Décision / mesures correctives et préventives à prendre : <small>(éventuellement sur feuille annexe)</small> Description: _____ Coût: _____ délai: _____ Responsabilité déterminée : oui . non . Par: _____ date: _____	4. Distribution : Chef de division concerné . Chef section travaux . Chef section étude concerné . Surveillant de chantier concerné . . Responsable qualité MO . Ingénieur auteur du projet . Entreprise . Autre(s)
5. Actions correctives effectuées: oui . non . date action corrective: _____ visa: _____	

Annexes:



Service des routes, Département des infrastructures DINP
 www.vd.ch – T 41 21 316 76 56 – F 41 21 316 72 82
 www.vd.ch/sr – www.vd.ch/routes - info.sr@vd.ch
 F11-19/12.07/PSER cahier2_090608.doc

Fig. : 14 Fiche de non-conformité

3.3.3 Gestion des stocks

Le maître de l'ouvrage a mis en place une gestion rigoureuse des stocks de terre végétale et de couche intermédiaire dans le but de :

- différencier les sols en fonction de leur qualité, notamment isoler les sols faiblement pollués,
- gérer les provenances,
- gérer les volumes,
- planifier les mises en herbe,
- gérer l'entretien: fauche et traitement des mauvaises herbes,
- planifier les remises en état.

Pour ce faire, il a établi, avec l'aide du mandataire responsable du suivi pédologique, un plan général des stocks avec un fichier de suivi de l'état et des mesures à prendre.



Fig. 15a : Plan des stocks de matériaux terreux

791_Légende carte végétation: Cette légende se rapporte à la carte de la végétation													Hintermann & Weber SA		2010.10.08		Données provenant du bureau SD Ingénierie										
Etat et mesures à prendre													Numéro du dépôt	Type de terre	Provenance terre végétale	Date de mise en œuvre		Date ensemencement		1er fauchage	Type ensemencement	Remarques					
Date relevés terrain	Collab. H&W	Réf. s/carte	No. pt GPS	Tronçon de	m - route	m - route	Longeur m	Largeur m	Surface concernée m2	Coord. X	Coord. Y	Photos				Ensemencement	Végétation / Flore	Remarques / Mesures	Intervention normale				Intervention garantie				
20.09.10	Ga	T 1	/	/	/	/	/	/	558	/	/	/	à compléter	Semble avoir été ensemencé en partie	Côté nord (champs): rudérales, côté sud et une grande partie du dessus: graminées. Pieds du talus: présence de préle. Reste de mulch.	Faucher rapidement (avec évacuation du mulch), sursemis	1	F	Remblais routiers PLO	05.07.10 - 09.07.10	23.08.10			Environ 11-13.08.10. En attente info DGT pour date exacte.	Mélange VSSG + trèfle 20 g/m2		
20.09.10	Ga	T1b	/	/	/	/	/	/	50	/	/	/	à compléter	non	Tas récents	Ensemencer											
20.09.10	Ga	T 2	/	/	/	/	/	/	664	/	/	/	à compléter	Peu de trèfle (une partie du tas) ou de graminées	Végétation en majorité rudérale, hauteur importante; + terre nue	Faucher rapidement (avec évacuation du mulch), sursemis	2	A	Remblais routiers PLO	05.07.10 - 16.07.10	23.08.10			Environ 11-13.08.2010. En attente info DGT pour date exacte.	Mélange VSSG + trèfle 20 g/m2		
20.09.10	Ga	T2-3	/	/	/	/	/	/	200	/	/	/	à compléter	Ensemencement apparemment récent	Tas récent	Contrôler développement	2-3	B	Remblais routiers PLO	30.08.10 - 10.09.10	/					Reprise bande le long piste de chantier PLO côté Lac, humide. Mise en un seul tas.	
20.09.10	Ga	T 3	/	/	/	/	/	/	479	/	/	/	à compléter	Problématique	Rudérales et graminées, peu de trèfle - Végétation relativement haute	Faucher, sursemis	3	B'	Remblais routiers PLO	05.07.10 - 16.07.10	24.08.10			Environ 11-13.08.10. En attente info DGT pour date exacte.	Mélange VSSG + trèfle 20 g/m2	TV en provenance de la zone des anciens pommiers + horizon B PLO	

Ge 1- Ge 12: relevés de B. Gentizon

T 1 - T 53: tas de terre / Bg 1-18: bordure gauche / Bd 1-15: bordure droite

Fig. 15b : Tableau de gestion des stocks de matériaux terreux

3.4. Remise en état

La remise en état des premières parcelles est en cours de planification. Elle dépend de la future affectation des celles-ci et fera l'objet d'un suivi pédologique similaire à celui des décapages.

A cet effet une fiche similaire à l'autorisation de décapage a été établie par le mandataire responsable du suivi pédologique du chantier.



Service des routes
Travaux

6/7

PSER - SR Cahier n°2

Gestion des sols : protocole de remise en état des terres

Commune, lieu-dit :	Réf. chantier – lot :
N° parcelle :	Propriétaire :

Objectif de remise en état	
Affectation prévue (agricole, aménagements paysagers, forêt, ...):	
Epaisseur horizon A :	cm
Epaisseur horizon B :	cm
Préparation de la sous-couche :	
Remarques :	
Date :	Visa SE :
	Visa DLT :

Contrôle de la réalisation	
Période des travaux :	
Epaisseur horizon A :	cm
Epaisseur horizon B :	cm
Provenance matériaux (n° stock, lieu) :	
Préparation de la sous-couche :	
Etat du sol lors des travaux (sec, humide, gelé) :	
Remarques / défauts constatés / mesures correctives :	
Date :	Visa DLT :
	Visa SE :



Service des routes, Département des infrastructures DINP
www.vd.ch – T 41 21 316 76 56 – F 41 21 316 72 62
www.vd.ch/sr – www.vd.ch/routes – info.sr@vd.ch
F11-19/12.07/PSER cahier2_090608.doc

Fig. 16 : Protocole de remise en état

3.5. Remise en culture

Après la remise en état, les parcelles seront mises en herbe pour une période de 3 ans au minimum et entretenues avec des engins légers. Ces travaux se dérouleront sous la responsabilité du syndicat AF et des nouveaux propriétaires. Le maître de l'ouvrage assumera financièrement les pertes de rendement pendant cette période.

4. Quelques enseignements tirés de la pratique

4.1. Mesures de protection adaptées à l'ampleur des travaux

L'exemple donné ci-dessus décrit un chantier dont l'impact sur les sols est important, ce qui est loin d'être toujours le cas. Néanmoins, il est indispensable, de se préoccuper de la problématique des sols, dès le début du projet.

On peut définir l'impact du projet sur les sols en se posant la série de questions suivantes et définir ainsi les mesures nécessaires, appropriées et raisonnables:

- S'agit-il d'une construction nouvelle ou de l'aménagement/gros entretien (selon la terminologie de l'OFROU)?
- Quelle est l'importance des décapages nécessaires pour réaliser la construction envisagée?
- Quelle est la qualité du sol à décapier?
- S'agit-il de constructions définitives (l'ouvrage, la route) ou d'éléments provisoires (installations de chantier, pistes, stocks, emprises provisoires)?
- Quelle est la destination future des zones hors ouvrages?
- Quel type de stock faut-il organiser?

Reprenons ces questions pour les examiner un peu plus en détail et en déduire quelques conséquences:

1. Constructions nouvelles ou aménagement/gros entretien:

La principale différence est, dans le cas de la construction routière, la facilité d'accès de zones à décapier dans le cadre de travaux d'aménagement/gros entretien. On dispose de l'infrastructure existante non seulement pour les transports, mais aussi pour y placer les machines qui vont effectuer le décapage ou les remises en état. Dans le cas d'une construction nouvelle, il faut résoudre la problématique des accès à la zone à décapier et du décapage complet de la première bande.

2. Importance des décapages:

Les décapages strictement nécessaires à la construction (hors décapage de convenance) représentent-ils des volumes importants? Construire une route nouvelle ou un pont n'implique pas les mêmes quantités de sols à décapier:

- pour la route, il s'agit de décapier l'emprise des déblais et des remblais;
- pour le pont cela ne concerne que les terrassements des piles et des culées.

3. Qualité des sols:

Il est évident que la sensibilité à la compaction des sols n'est pas sans conséquence sur la planification des travaux de décapage. En effet, plus leur cette sensibilité est élevée, plus l'on devra tendre à réaliser les décapages dans les conditions idéales et non dès que possible aux conditions limites. Un autre point à considérer est le degré de pollution du sol (non pollué, peu pollué, très pollué; selon l'instruction de l'OFEV, "Evaluation et utilisation des matériaux terreux, OFEFP, décembre 2001); les terres de bord de route (en général un bande de 5 à 6 m de part et d'autre de la route) sont peu ou très polluées

selon l'importance de route et du trafic. A ce titre, et malgré leurs éventuelles qualités pédologiques, elles sont soumises à des restrictions d'utilisation.

4. *Constructions définitives ou éléments provisoires*

Dans le cas des éléments provisoires tels que les installations de chantier, les pistes du maître de l'ouvrage et de l'entrepreneur, les stocks de matériaux terreux et d'excavation, etc., on cherche à minimiser le plus possible les décapages. On y parvient de deux manières:

- en les réalisant directement sur la terre végétale enherbée (géotextile de séparation et couche de grave)
- en les plaçant dans l'emprise des constructions définitives (par exemple en plaçant les pistes de chantier sur l'emprise de la route à construire ou sur celle de futurs chemins AF).

5. *Destination future des zones hors ouvrages:*

Doit-on rendre à l'agriculture certaines surfaces utilisées par le chantier, en utiliser d'autre pour des mesures de compensation ou ne s'agit-il que de la végétalisation des abords de la route (stabilisation de la surface des talus, végétalisation des banquettes). Dans le deuxième cas, l'utilisation de matériaux de premier ordre est moins importante; on peut donc utiliser des matériaux peu pollués ou de moindre qualité pédologique due à leur nature propre ou exceptionnellement à des décapages dans de moins bonnes conditions causé par les impératifs du chantier (on dispose là d'une toute petite "réserve" pour gérer les imprévus météorologiques).

6. *Types de stocks:*

Il faut dans tous les cas essayer de minimiser les stocks de longue durée en favorisant le réemploi immédiat des matériaux terreux par un étapage judicieux des travaux de décapage et de remise en état. Il faut toujours garder à l'esprit que la réalisation de dépôts de matériaux terreux a de conséquences non seulement sur les matériaux décapés eux-mêmes, mais aussi sur ceux recouvrant les terrains utilisés comme pistes d'accès et aires de stockage.

Si le chantier a une durée inférieure à une période de végétation et/ou si sa configuration le permet, il y a lieu de privilégier le stockage sur place en andains séparés (végétale et sous-couche) le long des surfaces décapées à réaménager. La constitution de stocks centralisés ne devrait entrer en ligne de compte que lorsque:

- le laps de temps entre le décapage et la réutilisation des matériaux terreux est important;
- leur réemploi est prévu dans un lieu différent de celui du décapage.

Les réponses à ces questions nous permettent de cerner les travaux de décapages à entreprendre et les moyens à mettre en œuvre. Il y a en effet des différences significatives entre les mesures à prendre pour la construction d'une nouvelle route à travers champs et celles pour l'élargissement d'un mètre d'une route existante. Sur cette base, on peut, pour le Service des routes, déterminer quatre familles de chantiers (Voir tableau ci-dessous):

- la construction d'une route nouvelle hors localité
- la correction d'une route existante par la modification de son tracé ou d'une partie de celui-ci,
- l'aménagement d'un carrefour existant,
- la correction d'une route existante par son élargissement et l'adaptation de son profil en long.

Famille	Construction nouvelle / aménagement	Importance des décapages	Valeur des sols	Éléments provisoires	Destination des zones hors ouvrages	Stocks
Route nouvelle hors localité	oui importants aménagements pour rendre le chantier accessible 1 ^{er} décapage à l'avancement	grande	très bonne, l'emprise de la route est située en zone agricole	surfaces importantes à aménager pour les pistes les installations et les stocks	restitution des surfaces à l'agriculture importante par rapport aux aménagements routiers (talus, banquettes) mesures de compensation environnementales	centralisés
Modification du tracé	oui accessibilité facilitée par la proximité de la route existante	grande à moyenne	bonne en moyenne, peut comprendre une part significative de terre polluée de bord de route	surfaces petites principalement pour les stocks de matériaux terreux (végétale et sous-couche)	talus et banquettes restitution à l'agriculture de l'ancien tracé	centralisés à proximité
Aménagement d'un carrefour	non très bonne accessibilité	moyenne à faible	faible terre polluée de bord de route	surfaces très petites pour andains de matériaux terreux	talus et banquettes réaménagement des abords immédiats	sur place en andains le long de la surface décapée
Elargissement et correction du profil en long	non très bonne accessibilité	faible	faible terre polluée de bord de route	surfaces très petites pour andains de matériaux terreux	talus et banquettes réaménagement des abords immédiats	sur place en andains le long de la surface décapée

Tableau 3 : Typologie des chantiers routiers

4.2. Influence des conditions atmosphériques et du type de culture

4.2.1 Conditions atmosphériques

Afin de profiter des données recueillies en 2010 sur l'H144 pour améliorer la planification de détail des travaux 2011 et d'améliorer les connaissances pour les projets futurs du Service des routes, la direction des travaux a décidé de maintenir en service les stations de mesures tensiométriques le plus longtemps possible et de corrélérer ces mesures avec celles des précipitations et des températures.

Station	Type de sols	Epaisseur	Cultures	
A9 VD	sol brun minéral à caractère gleyifié, relativement bien ressuyé (au moment des décapages), sensibilité à la compaction normale, relativement bien drainant, présence de texture silteuse-argileuse	horizon A: 30 à 35 cm horizon B: 0 à 25 cm (partiellement présent)	grandes cultures champs cultivés plantés (pousses de blé de 30 à 40 cm lors des décapages en mai 2010)	
A9 VS	sol brun minéral, relativement bien ressuyé, sensibilité à la compaction normale, relativement bien drainant car présence texture limono-sableuse	horizon A: environ 30 cm horizon B: environ 20 cm	grandes cultures et prés champs cultivés plantés (prairies artificielles et céréales)	
CREB	sol brun minéral, relativement bien ressuyé, sensibilité à la compaction normale, relativement bien drainant car présence texture limono-sableuse	Horizon A: 30 à 40 cm Horizon B: 0 à 40 cm	champs cultivés plantés (prairies artificielles, maraîchages, céréales)	

Station	Type de sols	Epaisseur	Cultures	
PLO	sol brun minéral, relativement bien ressuyé, sensibilité à la compaction normale, relativement bien drainant car présence texture limono-sableuse. Une partie du secteur n'a pas de sol (au sens pédologique) selon les cartes de décapage	horizon A forestier: env. 50 cm horizon A: 25 à 30 cm horizon B: 0 à 20 cm	champs cultivés plantés et prairies	

Tableau 4 : Caractéristiques des sols rencontrés sur l'H144

Les figures 17 ci-dessous nous permettent de tirer les conclusions suivantes:

- la végétation lorsqu'elle croît a un effet d'assèchement des sols plus important que la simple évaporation; les courbes sont très plates avant le début de la pousse des plantes à mi avril;
- la couverture végétale en croissance a un effet retardant; les sols continuent à s'assécher lors des premières précipitations; si ces dernières ne durent pas trop longtemps, la végétation annule l'effet de la pluie;
- la végétation est sensible aux variations de température; toute baisse de température, ralentissant sa croissance, diminue par conséquent son pouvoir asséchant pour les sols, toutefois avec un certain effet de retard.

Suivi des tensiomètres

Côtés Est du viaduc sur l'A9

Station Sud

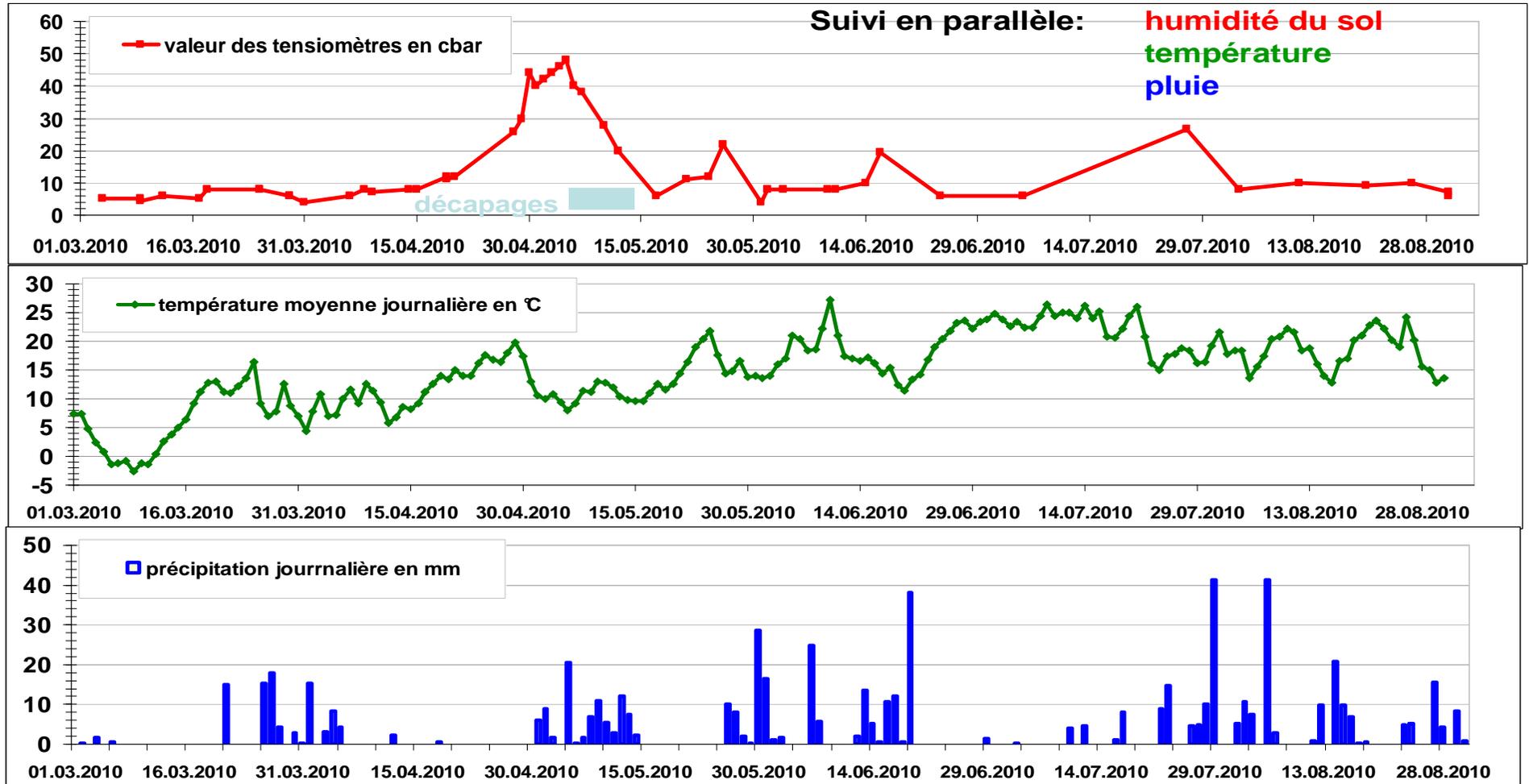


Fig. 17a : Comparatif entre les valeurs tensiométriques, les températures et les précipitations

Suivi des tensiomètres

Côtés Est du viaduc sur l'A9

Station Nord

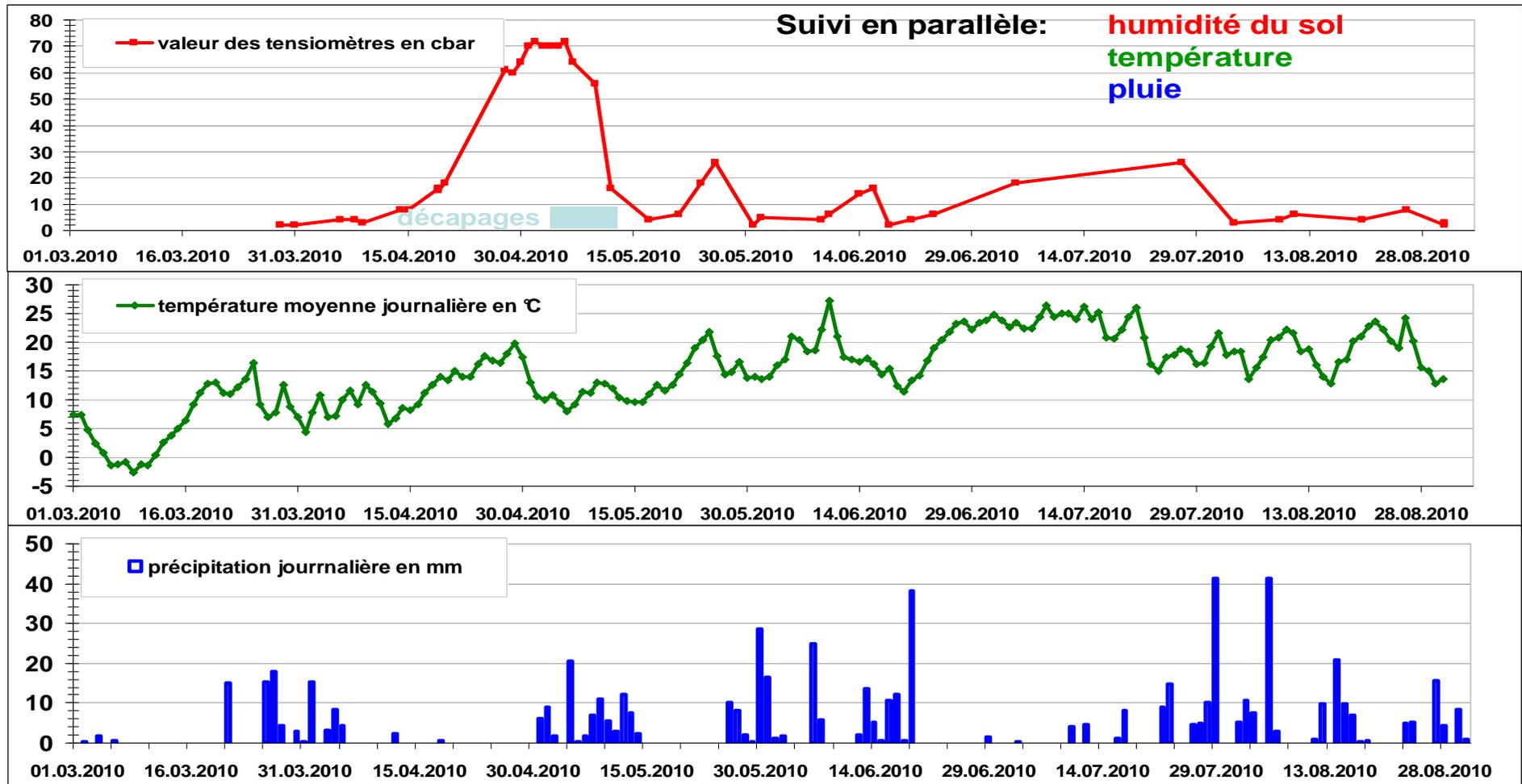


Fig. 17b : Comparatif entre les valeurs tensiométriques, les températures et les précipitations

Suivi des tensiomètres

Côtés Ouest du viaduc sur l'A9

Station côté VS

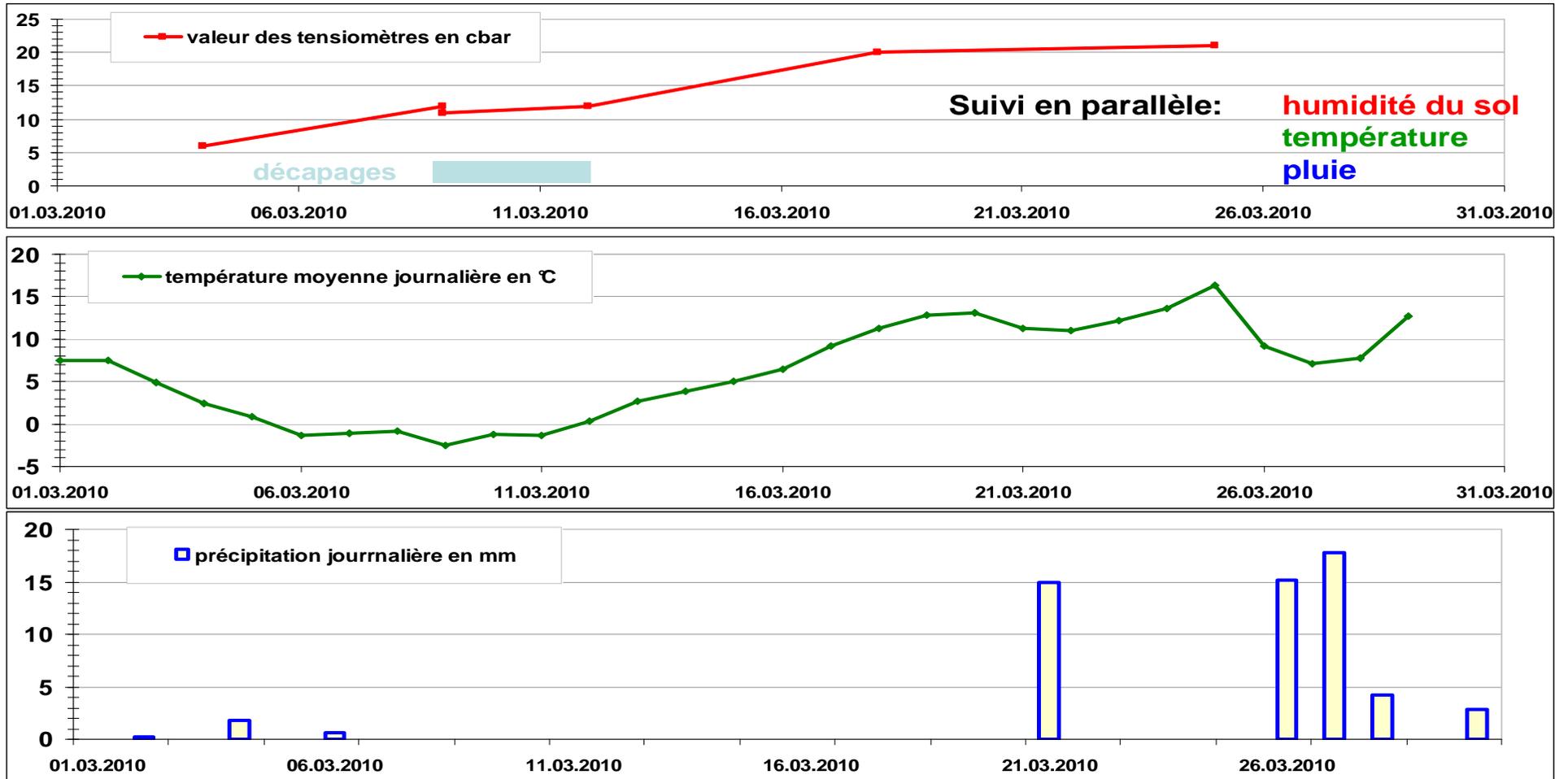


Fig. 17c : Comparatif entre les valeurs tensiométriques, les températures et les précipitations

Suivi des tensiomètres

Tracé H144: colline de Crebelley

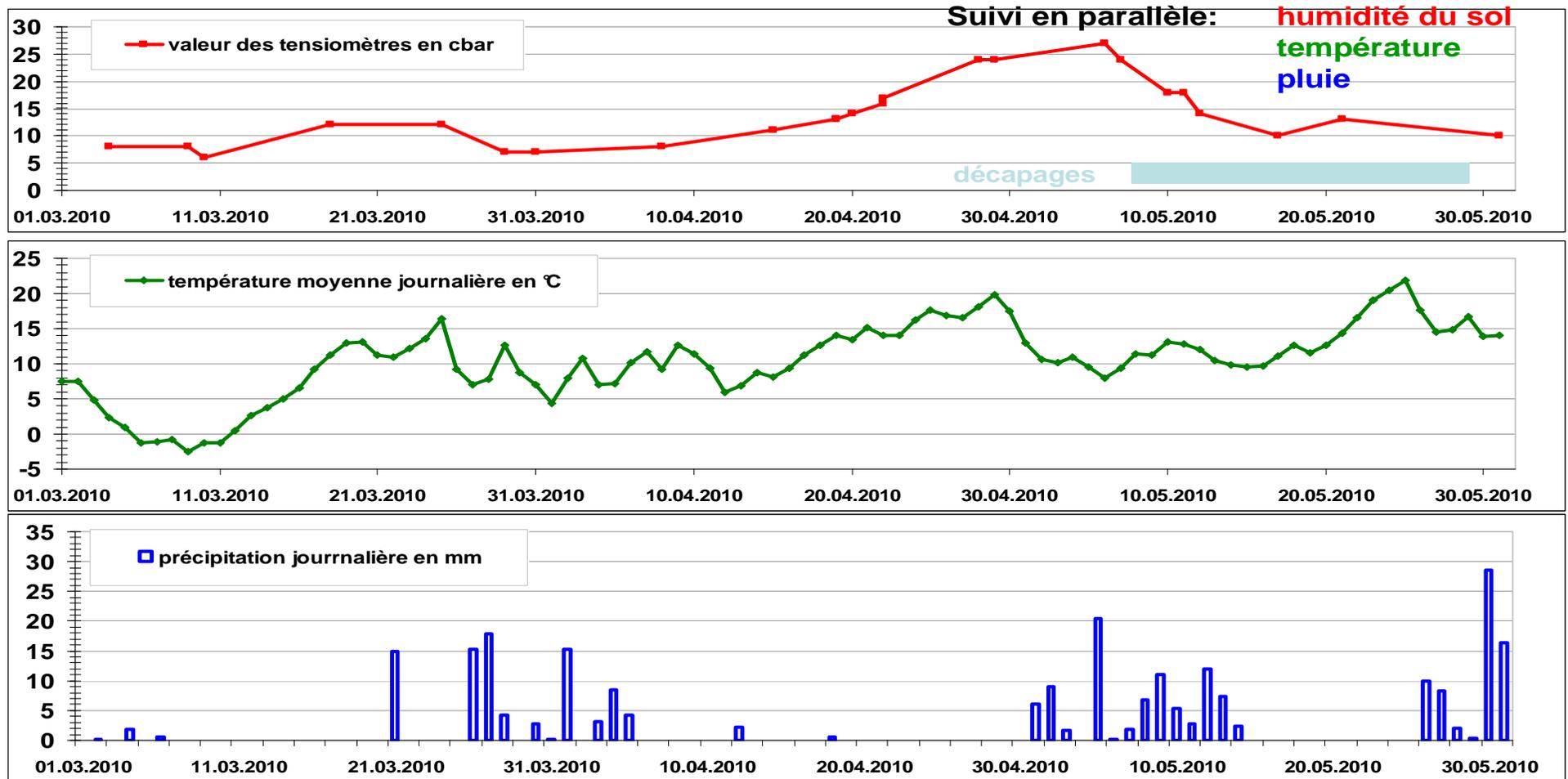
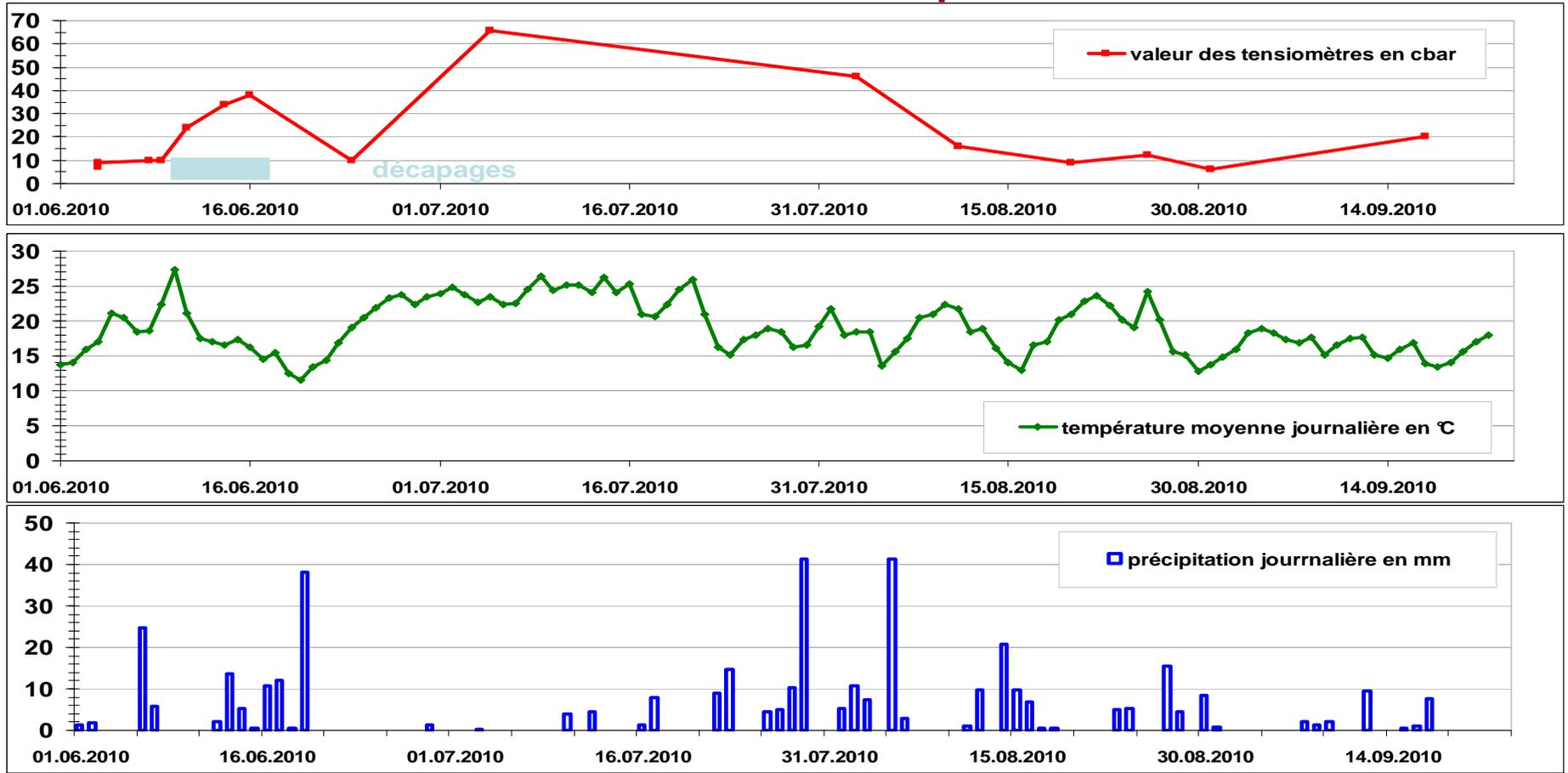


Fig. 17d : Comparatif entre les valeurs tensiométriques, les températures et les précipitations

Suivi des tensiomètres

Tracé H144: plaine Ouest



Suivi en parallèle:
humidité du sol
température
pluie

Fig. 17e : Comparatif entre les valeurs tensiométriques, les températures et les précipitations

4.2.2 Type de culture sur les parcelles à décapier

La nature de la dernière culture avant le décapage influence l'effet asséchant sur les sols de la végétation. Sur la même période, nous avons fait des relevés tensiométriques sur une surface enherbées et sur une cultivée en blé.

Suivi des tensiomètres

Comparaison de deux stations ayant des couvertures végétales différentes:

PLO: prairies

A9-VD-Nord: blé exploité

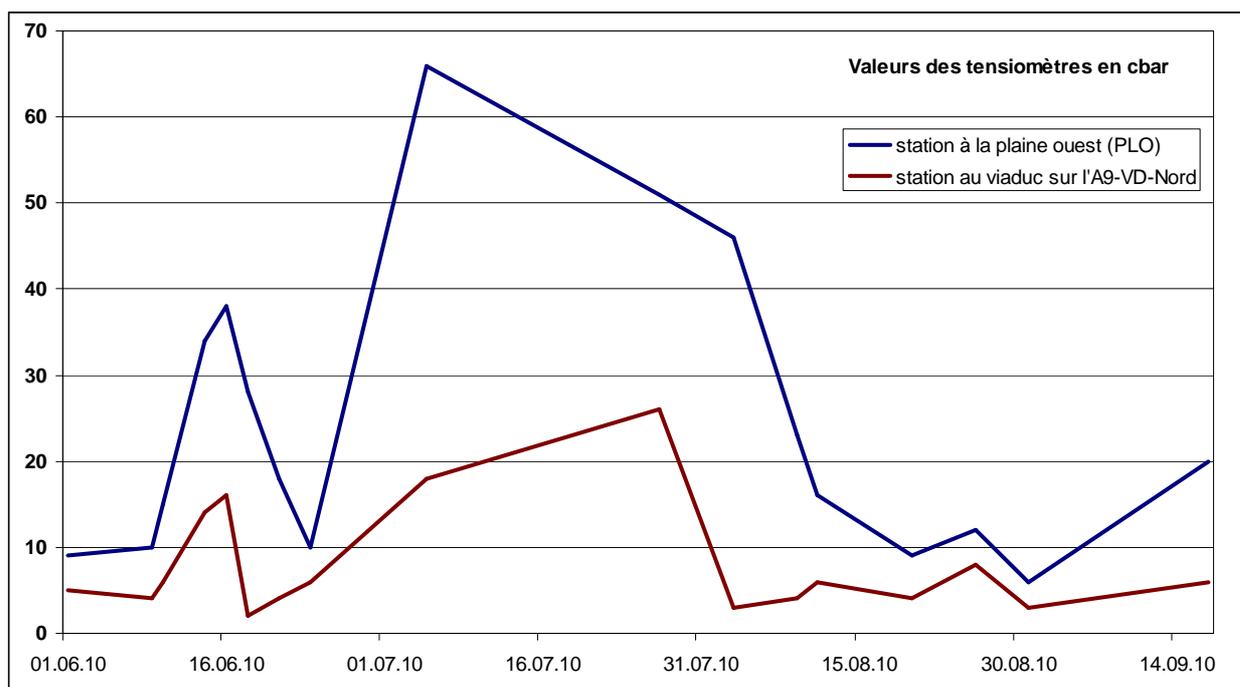


Fig.18 : Influence du type de culture sur les valeurs tensiométriques

De la figure 18 ci-dessus, on peut déduire les enseignements suivants:

- la mise en herbe permet un meilleur assèchement du sol sous des conditions atmosphériques semblables, (courbe bleue plus haute que la rouge),
- la courbe rouge après le mûrissement du blé à fin juillet reste plate en dessous de 10 centibars alors que la bleue repart à la hausse à fin août,
- la mise en herbe permet un assèchement plus rapide (pentes des parties ascendantes de la courbe bleue plus raides que celles de la rouge).

Donc, en plus de son effet bénéfique sur la qualité du sol décapé, la mise en herbe avant décapage permet :

- de travailler avec des plus grosses machines,
- de travailler sur toute la période de végétation,
- de diminuer l'influence des conditions atmosphériques défavorables.

4.3. *Prise en compte des jours d'intempéries*

Dès lors comment tenir compte des intempéries ou conditions météorologiques défavorables ?

La norme SIA 118 comporte, dans ce cas, les dispositions suivantes :

Art. 60

- 1 Lorsque des circonstances météorologiques défavorables (pluie, vent, neige, gel ou formation de glace)
 - obligent l'entrepreneur à prendre des mesures particulières pour protéger les parties de l'ouvrage qui ont déjà été exécutées mais n'ont pas été reçues ou pour permettre la poursuite des travaux,
 - entraînent l'interruption provisoire d'un chantier,
 - modifient l'état du terrain au point de rendre plus difficile la poursuite des travaux,
 l'entrepreneur ne peut exiger une rémunération supplémentaire pour les dépenses qui en résultent que s'il en a été convenu ainsi. L'art. 59 n'est pas applicable ; le contrat ne peut être résolu.
- 2 Toutefois, lorsqu'une convention collective oblige l'entrepreneur à allouer à ses ouvriers, pour la perte des heures de travail due aux conditions météorologiques, des indemnités qui ne sont pas couvertes par l'assurance-chômage, le maître doit les rembourser à l'entrepreneur, sauf si les documents de soumission exigent expressément que ces indemnités soient comprises dans l'offre. En cas de remboursement, le maître doit aussi à l'entrepreneur les charges sur salaires conformément à l'art. 63 al. 1 ch. 2, les frais généraux et les impôts sur les transactions ; aucune majoration n'est due en revanche pour le risque et le bénéfice.

On pourrait donc se contenter de ces dispositions, qui mettent les risques des intempéries à la charge de l'entrepreneur. Toutefois ceci n'est pas satisfaisant au regard d'une saine collaboration entre l'entrepreneur et le maître de l'ouvrage en vue de la réalisation de l'ouvrage. Les raisons suivantes étayent ce point de vue :

- a) les conditions météorologiques (précipitations et température) ont une influence déterminante pour les travaux de décapage et de remise en état ;
- b) la nature du sol (terre végétale et couche intermédiaire) détermine les limites d'humidité à partir desquels les travaux sont possibles ;
- c) la période durant laquelle le maître de l'ouvrage planifie ces travaux et la préparation des terrains par ce dernier influencent la rapidité avec laquelle les sols redeviennent aptes au décapage après une période de précipitations ;
- d) les travaux de décapage surtout, puisqu'ils conditionnent le début des travaux de construction, ont une influence prépondérante sur le planning des travaux et le respect du délai final ;
- e) les faits relevés ci-dessus interagissent entre eux;
- f) si les risques des intempéries sont à la charge de l'entrepreneur et que le chantier se déroule dans de mauvaises conditions atmosphériques, la probabilité de compaction des sols est grande et selon la LPE [1] (art. 2 Principe de causalité), le maître de l'ouvrage reste responsable des dommages causés même s'il peut se retourner contre l'entrepreneur.

Les points b) et c) ci-dessus conditionnent fortement, l'influence du point a) sur l'aptitude des sols aux travaux de décapage. En effet on peut donner l'ordre de grandeur suivant : les plantes lorsqu'elles croissent sont capables d'éliminer 10 fois plus d'eau du sol que l'évaporation.

On le voit donc, la gestion des intempéries est un peu plus délicate que pour les travaux de remblais, de bétonnage de dalle ou de tablier de pont, de pose de revêtements bitumineux.

Les principales mesures pour que les travaux de décapage puissent se dérouler de manière satisfaisante sans être exagérément perturbés par de mauvaises conditions météorologiques doivent être prises en amont par le maître de l'ouvrage et peuvent se résumer dans les quatre points suivants :

- le maître de l'ouvrage doit planifier ces travaux pendant la période de végétation,
- le maître de l'ouvrage doit enherber les surfaces à décaper l'année précédente,
- le maître de l'ouvrage doit faucher périodiquement les surfaces à décaper,
- le maître de l'ouvrage doit prévoir un laps de temps suffisant pour permettre d'absorber les intempéries usuelles.

L'entrepreneur doit planifier et offrir ces travaux avec des machines adaptées, notamment d'un poids inférieur à 18 to et d'une pression au sol égale ou inférieure à 300 gr/cm².

La fixation dans le contrat, d'un nombre de jours d'intempéries à partir desquels l'entrepreneur a droit à une indemnité et/ou à un report de délai permettrait de clarifier la situation et d'éviter des discussions tout aussi pénibles qu'inutiles.

Ces derniers devraient être fixés sur la base des valeurs tensiométriques mesurées.

Le Service des routes, sur la base de l'expérience qu'il aura accumulée pendant deux ans sur le chantier de l'H144, se propose de voir s'il est possible de le faire d'une manière simple et claire.

4.4. Documents d'appel d'offre incomplets

Si l'entrepreneur estime que les conditions de l'offre concernant les travaux de décapage et de remise état ne sont pas claires, il doit, par des questions posées au maître de l'ouvrage, les faire clarifier

SIA 118

Art. 15

- 1 La présentation et le dépôt de l'offre sont régis par les normes et règlements auxquels se réfère l'art. 4 al. 3.
- 2 Si l'entrepreneur estime avoir besoin d'indications complémentaires pour établir son offre, il les demande au maître de l'ouvrage ; celui-ci communique sa réponse par écrit à tous les soumissionnaires.
- 3 ...

5. Documentation

- 1 Loi sur la protection de l'environnement (LPE) du 7 octobre 1983 (RS 814.01).
- 2 Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) du 1er juillet 1998 (RS 814.12).
- 3 Instructions sur les matériaux terreux (office fédéral de l'environnement OFEV 2001).
- 4 Directive fédérale sur les matériaux d'excavation (OFEV 1999).
- 5 Construire en préservant les sols (OFEV 2001).
- 6 Terrassement, sol : Bases. Norme suisse SN 640581a, Union des professionnels suisses de la route, 1998.
- 7 Terrassement, sol : Inventaire de l'état initial, tri des matériaux terreux manipulés. Norme suisse SN 640582, Union des professionnels suisses de la route, 1999.
- 8 Terrassement, sol : Emprises et terrassements, entreposage, mesures de protection, remise en place et restitution. Norme suisse SN 640583, Union des professionnels suisses de la route, 1999.
- 9 Construction – conseils et recommandations pour protéger le sol, dépliant 6 pages édité par l'OFEV (2008), téléchargeable sous www.environnement-suisse.ch/div-4815-f.
- 10 Directives ASG pour la remise en état des sites (2001), ASGB – Association Suisse des Sables, Graviers et du Béton, Bubenbergplatz 9, Case postale, 3001 Berne.
- 11 ABC des travaux de terrassement, une aide pour les machinistes, ASGB – Association Suisse des Sables, Graviers et du Béton, Bubenbergplatz 9, Case postale, 3001 Berne.
- 12 Norme suisse SN 568 318 Aménagements extérieurs.

Annexes

Spécialistes de la protection des sols sur les chantiers (suivi pédologique)

Les personnes suivantes sont recommandées par le service des eaux, sols et assainissement de l'Etat de Vaud. Une liste est actualisée sur le site www.soil.ch

- Maître Véronique, pEaudsol, 1896 Miex VS, 079 780 65 00, maitre@peaudsol.ch
- Du Pasquier Pauline, pEaudsol, 1880 Bex, 079 312 93 36, pauline.dupasquier@peaudsol.ch
- Birolini, Irène, PRONA SA, 1401 Yverdon-les-Bains, 024 424 82 24, www.prona.ch, i.birolini@prona.ch
- Dubath Marc-André, GEOTEST SA, 1052 Le Mont-sur-Lausanne, 021 731 45 65, www.geotest.ch, marc-andre.dubath@geotest.ch
- Huck Jean-François, TECNAT SA, En La Porte 6, 1867 St-Triphon, 024 499 19 15, www.tecnat.ch, tecnat@bluewin.ch
- Jouval Norbert, URBAPLAN, 2001 Neuchâtel, 021 619 90 90, www.urbaplan.ch, n.jouval@urbaplan.ch
- Bagnoud Nicolas, NIVALP SA, 1971 Grimisuat VS, 027 398 39 53, www.nivalp.ch, nivalp@nivalp.ch
- Amiguet Serge, SOL-CONSEIL SA, 1260 Nyon, 022 363 43 04, www2.sol-conseil.ch, serge.amiguet@acw.admin.ch
- Margot Antoine, IMPACT-CONCEPT SA, 1052 Le Mont-sur-Lausanne, 021 653 64 45, www.impact-concept.ch, antoine.margot@impact-concept.ch
- Guex Bastien, CSD SA, 1227 Carouge GE, 022 308 89 00, www.csd.ch, b.guex@csd.ch