

## Pistes de chantier au banc d'essai

*Fabienne Favre Boivin, EIA (Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes) Fribourg, HES-SO, département de la construction, filière Génie Civil, Bvd Pérolles 80, 1700 Fribourg; et Frédéric Lamy, Lionel Chabbey, Nicolas Freyre et Pascal Boivin, hepia Genève, HES-SO, filière agronomie, groupe sols et substrats, 150 route de Presinge, 1254 Jussy*

### Introduction

La protection physique des sols est un principe bien inscrit dans la loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE) et dans l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol). Son application, en particulier dans le cadre de grands chantiers, exige une planification, un suivi et des moyens de protection efficaces. Tirée des expériences vécues lors de la pose des grands gazoducs en Suisse dans les années 90, la méthode de protection des sols contre la compaction lors de l'utilisation d'engins lourds qui fait référence aujourd'hui dans les milieux de la protection des sols est la piste de grave de qualité 2, de 50 cm d'épaisseur après roulement, posée sur un géotextile de séparation. Si cette méthode s'est avérée efficace, elle a également montré ses limites, la principale étant son coût élevé de mise en place pour des chantiers de courte durée. Les professionnels de la construction choisissent donc parfois d'autres méthodes dont l'efficacité reste à ce jour encore inconnue. L'objectif de ce travail est de tester en parallèle l'efficacité de trois méthodes de protection des sols: la piste de Grave telle que décrite ci-dessus, la piste en tapis de rondins et la piste en plaques Durabase®.



*Pistes de protection des sols. De gauche à droite, la piste de grave, la piste Durabase® et la piste en rondins.*

## PROTECTION DES SOLS

### Dispositif expérimental et méthode d'analyse

#### Sol

Un sol agricole situé sur le site de l'Institut agricole de Grangeneuve dans le canton de Fribourg a été choisi. Il s'agit d'un sol brun sur dépôts alluviaux dont l'horizon de surface est de texture limono-sableuse. Il présente une teneur en matière organique moyenne de 4,2 % et contient 8 % (v/v) d'éléments grossiers en moyenne. Il ne présente pas de signes de compaction hormis des ornières de roulement peu profondes qui ont été gardées hors de la zone d'analyse.

#### Préparation du terrain

Trois bandes de 40 mètres de long sur 5 mètres de large, délimitées sur la parcelle, ont servi de surface d'essai, chacune utilisée pour une des pistes. L'humidité du sol est habituellement un facteur important de la tendance d'un sol à la compaction et elle peut varier fortement en fonction des conditions météorologiques. Pour intégrer ce facteur, chaque bande a été séparée en 4 zones portées à 4 humidités différentes par des irrigations successives. Les potentiels matriciels<sup>1</sup> visés couvrent la gamme de 0 cb, soit un sol à saturation, à 30 cb, soit un sol ressué. Les observations sont effectuées à deux profondeurs, 5 et 25 cm.

#### Description des pistes

Sur l'*image 1* sont visibles les trois types de piste. La piste en rondins est constituée de rondins de diamètre 40 cm environ, élagués sur deux faces, reliés par un câble. La piste Durabase® est faite de plaques en polyéthylène de 8,5 ou 4 m<sup>2</sup> de surface et de 10,8 cm d'épaisseur, reliées les unes aux autres par un système de goupilles.

Les pistes de chantier ont été posées dans les règles de l'art, sans passage d'engins sur le sol non protégé. Les plaques en polyéthylène qui constituent le système Durabase®

ont été solidarisées par deux goupilles sur quatre disponibles. On notera en particulier que la piste Durabase® est efficace si la solidarité des plaques les unes par rapport aux autres est assurée. Cela nécessite un goupillage régulier (minimum une goupille sur deux dans les successions de plaques linéaires).

Les matelas de rondins étaient lâches, chaque rondin étant distant d'environ 20 cm du suivant. La piste de Grave 2 déposée sur un géotextile, faisait 50 cm d'épaisseur après roulement, selon les règles en vigueur dans les milieux de la protection des sols.

#### Passage des engins

Un camion Man de 3 essieux, chargé à 26 tonnes a effectué 6 allers-retours sur les pistes Durabase® et Grave. Sur la piste en rondins, a priori non dédiée aux engins à roues, une pelleteuse Liebherr sur chenilles de 23,4 tonnes a effectué 6 allers-retours.

La pression exercée au sol sous les chenilles de la pelleteuse tient compte du poids propre de l'engin sans bras de levier exercé par le soulèvement d'une charge dans le godet. Elle est de 0,48 kg.cm<sup>-2</sup>.

Les pressions exercées au sol par le camion varient d'un essieu à l'autre et selon le type de pneumatique utilisé. Le calcul de la répartition des charges au sol sous engins à roue selon le guide édicté par l'office fédéral de l'environnement<sup>2</sup> permet l'approximation des pressions exercées sur le sol par le camion Man chargé à 26 tonnes: elles sont de 4,5 kg.cm<sup>-2</sup> dans le cas le plus défavorable.

#### Analyses effectuées

Les échantillons de sol non remaniés ont été prélevés à 5 et 25 cm de profondeur avant et

<sup>1</sup> L'humidité du sol est estimée par l'état énergétique de l'eau ou potentiel matriciel, mesuré par un tensiomètre.

<sup>2</sup> Construire en préservant les sols, OFEFP, 2001.

après passage des engins. Leur teneur en matière organique, leur granulométrie, leur densité apparente, leurs porosités ont été analysées<sup>3</sup>, et les paramètres suivants ont été déterminés :

- 1) densité apparente à  $-10$  hPa (appelée ci-après densité apparente),
- 2) densité apparente à l'état sec,
- 3) teneur en eau à  $-10$  hPa,
- 4) teneur en air à  $-10$  hPa,
- 5) distribution de taille des pores.

Les densités apparentes sont déterminées à un potentiel matriciel identique pour chaque échantillon ce qui permet de les comparer entre eux en s'affranchissant des phénomènes de gonflement-retrait des sols liés à l'état d'humidité.

## Résultats

Sous toutes les pistes, on observe une augmentation nette de la densité apparente du sol à 5 cm de profondeur, quel que soit le degré d'humidité de la parcelle. Cette tendance est visible mais statistiquement non significative à 25 cm de profondeur. Aussi nous ne commenterons plus dans la suite de ce texte que les résultats mesurés à 5 cm de profondeur. La compaction observée correspond à une perte de volume apparent à  $-10$  hPa d'environ  $0,14 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$  pour les trois pistes une fois les hétérogénéités de constitution du sol filtrées par analyse de variance<sup>4</sup>. Les valeurs de densités apparentes après roulement sont respectivement de 1,173, 1,196 et 1,197  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  pour les pistes Grave, Durabase et Rondins, pour des valeurs initiales variant entre 1,0 et 1,1  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  et il n'y a pas de différences significatives entre ces trois valeurs ( $p = 0,381$ ). Il importe à ce stade d'identifier le type de porosité atteinte.

En utilisant les mesures des courbes de désorption des échantillons réalisées dans le domaine  $-15$  à  $-500$  hPa de potentiel matri-

ciel, soit dans des tailles de pores allant respectivement de 100 à 3 microns de rayon, on convertit le potentiel matriciel mesuré en tailles de pores en utilisant la loi de Jurin-Laplace. Ainsi, on observe que la porosité de rayon supérieur à 150 microns, diminue de  $0,080 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  sous toutes les pistes (pas de différence significative entre les pistes), soit plus de 50 % de la perte de volume apparent observée : ce sont les pores les plus grossiers qui ont été atteints par le passage des engins.

On remarque également que certains échantillons ont, après roulement, des volumes poraux de la classe porale de rayon entre 3 et 100 microns inférieurs aux échantillons initiaux, mais le volume poral perdu reste faible par rapport au volume poral perdu dans la classe de pores de rayons supérieurs à 150 microns. La perte de porosité est donc essentiellement concentrée sur la porosité grossière, soit des classes de pores supérieurs à 150 microns de rayon.

La perte de porosité observée est inversement proportionnelle à la teneur en matière organique du sol : on observe ici que la matière organique contenue dans la matrice du sol, sous forme de substances chimiquement et physiquement liées aux autres constituants fins du sol, offre une protection contre la compaction.

Cette atteinte à la macroporosité du sol est faible et peut être considérée comme réversible. Par exemple sous une culture en prairie, on observera après une année ou deux une restauration de cette macroporosité, sous l'effet de l'activité biologique et micro-biologique qui règne dans un sol vivant.

<sup>3</sup> Les analyses ont été réalisées au laboratoire des sols et substrats de hepia qui dispose d'un dispositif complet dédié à l'analyse de propriétés physiques des sols.

<sup>4</sup> Le traitement des données est détaillée dans le rapport technique « pistes de chantier au banc d'essai » disponible auprès des personnes de contact.

## PROTECTION DES SOLS

### Conclusions et perspectives

Une comparaison peut être effectuée entre la piste de grave et la piste Durabase®, étant donné que les contraintes appliquées sont identiques. Le cas de la piste de ronds reste à part, puisqu'il a été soumis à des contraintes 10 x inférieures.

- Les pistes Grave et Durabase® montrent un impact identique de compaction sur les sols, correspondant à une perte de  $0,14 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$  de porosité, les pores de rayon supérieur à 100-150 microns étant principalement impactés.
- Dans les conditions de cette expérience, l'état d'humidité du sol n'a pas influencé le degré de compaction car les fortes teneurs en matières organiques de la parcelle d'essai ont compensé entièrement l'influence de l'état d'humidité du sol.
- La matière organique, elle, est la variable expliquant le degré de compaction quel que soit l'état d'humidité du sol. Malgré l'humidité du sol, la compaction observée est faible dans l'absolu: un travail superficiel du sol et une année de culture permettront de récupérer la porosité perdue.

La protection du sol par les pistes peut donc être considérée comme bonne, et équivalente pour les systèmes Durabase et Grave dans des conditions identiques à celle de cette expérimentation. Le sol expérimenté avait une faible densité apparente initiale, donc de ce point de vue était susceptible à la compaction. En revanche, il a une teneur assez élevée en sables et en matière organique, et était partiellement enherbé, ce qui lui donne une certaine résistance à la compaction et sans doute une bonne résilience.

Le système Durabase et le système Grave diffèrent par leur couverture du sol du point de vue du poids et de la perméabilité. Ceci peut conduire à des effets différents à long terme. En particulier, en cas de fortes pluies

prolongées, le sol peut se saturer en eau sous la grave et se détériorer sous cet effet, comme cela avait été observé dans le cas d'Expo02.

Les trois méthodes de protection des sols peuvent être recommandées dans des conditions équivalentes à celle de cette expérimentation:

- 1) Sols limono-sableux à fortes teneurs en matières organiques (> 3 %),
- 2) Durée courte n'impliquant pas de risque d'engorgement sous les pistes par accumulation des eaux ruisselées et infiltrées après une succession de précipitations et
- 3) Utilisation d'engins induisant des pressions au sol similaires.

On rappellera enfin que ces conclusions ne s'appliquent qu'à conditions équivalentes. Par exemple une réduction de l'épaisseur de la grave, ou du nombre de goupilles utilisées pour les plaques Durabase®, sont susceptibles de réduire fortement l'efficacité des dispositifs.

### Remerciements

Les auteurs de cette étude remercient l'institut agricole de Grangeneuve pour avoir mis à disposition la parcelle expérimentale et les nombreux sponsors: Office fédéral de l'environnement - section sols, Alpiq, Armatisuisse, Fédération Fribourgeoise des Entrepreneurs (FFE), Gaznat, Entreprise JPF, Entreprise Sagerime SA, Entreprise Terra Firma System LTD. □

#### Pour plus d'informations:

Contacts: [fabienne.favre@hefr.ch](mailto:fabienne.favre@hefr.ch) professeur  
et [pascal.boivin@hesge.ch](mailto:pascal.boivin@hesge.ch) professeur,  
responsable de la filière agronomie