

ARTICLE DE RECHERCHE / RESEARCH ARTICLE

Un livre sur l'amélioration et le renforcement des sols : *AMSOL*

Philippe Liausu¹ et Claude Plumelle^{2,*}

¹ Ménard, 22, rue Jean-Rostand, 91400 Orsay, France

² Cnam, 2, rue Conté, 75141 Paris, France

Résumé – Depuis une cinquantaine d'années, les techniques d'amélioration et de renforcement des sols se sont fortement enrichies pour faire face au développement accéléré des mégapoles implantées très souvent dans des zones de « mauvais sol ». Les entreprises et les bureaux d'études français ont toujours eu, dans ce domaine de la géotechnique, une place prépondérante dans le monde. Le livre sur l'amélioration et le renforcement des sols, *AMSOL*, capitalise les expériences des entreprises et des bureaux d'études pour présenter un panorama complet des techniques d'amélioration et de renforcement des sols, des plus usuelles aux plus novatrices.

Mots clés : amélioration des sols / renforcement des sols

Abstract – **A book on improvement and reinforcement of soils: *AMSOL***. Since about fifty years, the techniques of improvement and reinforcement of the soils have strongly developed to face the accelerated development of the megalopolises implanted very often in areas of “bad soil”. French contractors and design offices have always had a prominent place in the world of geotechnical engineering. The book on improvement and reinforcement of soils, *AMSOL*, capitalizes on the experiences of contractors and design offices to present a complete overview of soil improvement and reinforcement techniques, from the most usual to the most innovative.

Keywords: improvement of soils / reinforcement of soils

1 Introduction

Depuis une cinquantaine d'années, le développement accéléré des mégapoles, des infrastructures, des surfaces industrielles et commerciales a généralement nécessité d'investir les zones littorales, les vallées ou plaines alluviales, ou des zones jusqu'ici délaissées. Les constructions dans ces nouveaux territoires imposent de s'accommoder le plus souvent de « mauvais sol », les zones de « bon sol » étant devenues rares ou déjà construites. La prise en compte des risques liés aux tremblements de terre dans les zones sismiques génère également de nouvelles contraintes de construction.

Dans ce contexte, il appartient à l'ingénierie géotechnique, acteur incontournable de tout projet de construction, de proposer au maître d'ouvrage la technique d'amélioration des sols la mieux adaptée pour bâtir son projet dans des conditions économiques acceptables, tout en maîtrisant les risques liés au sol.

Les entreprises ont toujours eu un rôle capital dans le développement des techniques d'amélioration et de renforcement des sols. Les bureaux d'études les ont accompagnées ensuite dans la mise en œuvre des différentes technologies sur les chantiers en France et à l'étranger.

Le livre *AMSOL* (Briançon et al., 2018a, 2018b), en deux tomes, présente un panorama complet des techniques d'amélioration des sols, des plus usuelles aux plus novatrices. Il capitalise, par ses auteurs et le choix de tous les autres contributeurs, les expériences acquises en entreprises, en bureaux d'étude ou en bureau de contrôle, et le savoir des acteurs académiques. Il a également pour objectifs d'expliquer de manière simple aux maîtres d'ouvrage quels sont les enjeux de ces techniques, de détailler pour les géotechniciens d'entreprise et de bureaux d'étude les outils de conception sur sol amélioré ou renforcé, et enfin d'éclairer les entreprises sur la réalisation des travaux d'amélioration des sols.

2 Les objectifs du livre

Les objectifs du livre sont :

- de regrouper toutes les techniques usuelles, novatrices, actuelles, d'amélioration et de renforcement des sols décrites dans le TC 211 (comité technique 211 : amélioration des sols) ;
- de permettre au maître d'ouvrage de comprendre les raisons du choix, de la technique la mieux adaptée, proposée par l'ingénierie géotechnique dans une approche technico-financière et une maîtrise des risques ;
- de fournir aux géotechniciens d'entreprise et de bureau d'étude les outils pour effectuer le meilleur choix

* Auteur de correspondance : plumellec@yahoo.fr

technique, déterminer les paramètres pertinents des modèles de calcul, concevoir et dimensionner le futur ouvrage, l'exécuter, l'instrumenter et contrôler les différentes phases de chantier.

Ce livre s'adresse donc aux géotechniciens des bureaux d'étude, des bureaux de contrôle, des entreprises qui veulent se spécialiser dans le domaine des techniques d'amélioration et de renforcement des sols. Il est utile aux décideurs et aux généralistes de la construction qui y trouveront une présentation simple et abondamment illustrée de chaque technique avec ses avantages et ses limites. Enfin, il apporte aux étudiants en fin de cursus de formation en géotechnique les éléments nécessaires à la connaissance approfondie du vaste domaine de l'amélioration et du renforcement des sols.

3 Les rédacteurs, auteurs, contributeurs, relecteurs

3.1 Les rédacteurs

Cet ouvrage a été élaboré sous la direction de Laurent Briançon (Insa de Lyon), Philippe Liausu (Ménard), Claude Plumelle (Cnam) et Bruno Simon (Terrasol).

3.2 Les auteurs et contributeurs

Ces rédacteurs ont été eux-mêmes auteurs de nombreux chapitres, ils ont bénéficié du concours des entreprises spécialisées, bureaux d'étude et monde académique pour plusieurs techniques.

Annette Esnault-Filet (Solétanche Bachy) a apporté le fruit de ses recherches très récentes et ses premiers chantiers dans le chapitre sur les « Méthodes biologiques », Philippe Delmas (Cnam), qui œuvre depuis longtemps au sein du Comité français des géosynthétiques (CFG), a largement contribué au chapitre sur les « Géosynthétiques », André Jaubertou (Solétanche Bachy) a fait bénéficier de sa longue expérience les chapitres sur les « Injection ciment et chimiques » et « Injection solide », Serge Lambert (Keller) a enrichi de ses nombreux retours d'expérience les chapitres sur « Les colonnes ballastées », « Le jet grouting » et « L'injection solide », Jean-Pierre Sanfratello (Colas) a rédigé le chapitre « Remplacement, allègement, compensation » en s'appuyant sur ses exemples de chantier, Fabrice Mathieu (Solétanche Bachy) a mis toute son expertise d'une technique assez nouvelle en France dans la rédaction du chapitre « Deep mixing method » et Nicolas Faure (Uretek) a développé dans le chapitre « Injection de résine expansive » un grand nombre de chantiers de reprise en sous-œuvre.

3.3 Les relecteurs

Chaque chapitre a fait l'objet d'une relecture critique soit entre rédacteurs, soit confiée à des experts extérieurs.

Ces experts appartenaient soit à des centres de recherches, Nicolas Denies (CSTC en Belgique), soit à des bureaux de contrôle, Patrick Berthelot (Bureau Veritas) et Luis Carpinteiro (Socotec) ou à des bureaux d'étude, Alain Guilloux (Terrasol), mais également à des entreprises, Abdelkader Abdelouhab

(Texinov), Jérôme Racinais (Ménard), Jean Robert Gauthey (Spie Fondations) et Serge Varaskin (Ménard).

4 Plan-type de chaque chapitre

Chaque chapitre présente, après une introduction historique, la technique d'amélioration de sol, ses domaines d'application, ses avantages et ses limites. Il décrit ensuite le comportement du matériau amélioré ou renforcé, expose les moyens de calcul et décrit les paramètres pertinents des modèles. La conception et le dimensionnement des ouvrages définissent les critères à atteindre que ce soit en termes de résistance ou de limitations des déformations. Les références utiles aux normes, guides techniques ou états de l'art sont également explicitées tout comme les méthodes d'exécution qui sont détaillées aux différentes phases : travaux préparatoires, phases de chantier, mise en œuvre des matériels, mise en place d'adjuvants ou d'inclusions. Le suivi, les opérations de contrôle et l'instrumentation des ouvrages qui tiennent une place importante dans ces techniques d'amélioration des sols ont été particulièrement développés. Enfin, chaque chapitre se termine par des retours d'expérience, sur des ouvrages courants et exceptionnels, en France comme à l'étranger.

5 Contenu du tome 1

Le tome 1 comporte neuf chapitres. Les deux premiers sont consacrés à la description, aux investigations et aux comportements des sols. Ils sont le socle de toute conception sérieuse d'un ouvrage nécessitant des travaux d'amélioration des sols. Le troisième chapitre développe les auscultations géotechniques qui doivent accompagner tout projet d'amélioration des sols. Les six chapitres suivants traitent les différentes techniques, sans adjuvants, ni inclusions ou injections.

5.1 Reconnaissance, description, comportement des sols, investigation et auscultation

Les trois premiers chapitres fournissent les bases indispensables à toute conception des techniques d'amélioration et de renforcement des sols. Le premier chapitre, rédigé par Claude Plumelle et Bruno Simon, développe en particulier la conception et la réalisation des projets d'amélioration des sols, dans les différentes missions de l'ingénierie géotechnique (norme NF P 94-500), la consolidation et le fluage des sols argileux et organiques et le choix pertinent de la loi de comportement en fonction du type d'ouvrage. Le deuxième chapitre sur les investigations géotechniques, rédigé par Claude Plumelle et Bruno Simon, propose une organisation rationnelle de la reconnaissance géotechnique, de l'étude générale géologique aux sondages ponctuels et aux essais de laboratoire, il développe particulièrement l'utilisation des pénétromètres, outils très adaptés à la reconnaissance et à la caractérisation des sols compressibles. Le troisième chapitre, rédigé par Laurent Briançon, fournit tous les éléments nécessaires au suivi et à l'exploitation des mesures des chantiers d'amélioration et de renforcement des sols.

5.2 Amélioration des sols, sans adjuvant, pour sols pulvérulents et remblais

Les chapitres 4, 5, 6, rédigés par Philippe Liausu, concernent l'amélioration des caractéristiques des sols granulaires à faible teneur en fines, par pilonnage pour le compactage dynamique, par vibration en profondeur pour le vibrocompactage, ou par l'utilisation d'un explosif placé au sein d'un massif de sable saturé lâche. Pour chaque méthode, il est précisé les domaines d'application et les profondeurs et rayons d'action.

5.3 Amélioration des sols, sans adjuvant, pour sols cohérents

Le chapitre 7, rédigé par Jean-Pierre Sanfratello, indique les méthodes de remplacement, d'allègement et de compensation. Une méthode radicale d'amélioration des sols consiste à remplacer la couche de sol médiocre par une couche de bon sol, c'est la méthode de remplacement applicable pour des épaisseurs limitées à 3 à 4 m. Dans le cas de la construction de remblais sur sols mous, une solution consiste à substituer le remblai par un matériau de densité beaucoup plus faible, c'est la technique d'allègement ou de substituer au sol en place un matériau allégé, c'est la technique de compensation. Ces techniques ont l'avantage de la rapidité, mais elles ont un coût assez élevé et sont d'utilisation complexe sous nappe.

Le chapitre 8, sur le préchargement avec remblais, avec ou sans drains, a été rédigé par Claude Plumelle et Bruno Simon. Cette technique étant très courante, elle a été très développée dans ce chapitre. Les avantages sont bien connus : méthode économique ne nécessitant pas la présence d'inclusions, les inconvénients aussi : durée du préchargement, nécessité le plus souvent d'installer un réseau de drains verticaux, complexité des phénomènes de consolidation et de fluage. Ce chapitre décrit avec détails le comportement des sols mous pendant et après construction du remblai de préchargement. Les modèles et moyens de calcul, des déformations et des déplacements et les vérifications vis-à-vis de la rupture du massif de sols mous de fondation font l'objet de paragraphes très complets. Ils sont suivis des paragraphes consacrés à la conception de l'ouvrage, l'exécution des travaux, le suivi, le contrôle et l'instrumentation.

Le chapitre 9, sur la consolidation atmosphérique, rédigé par Philippe Liausu, est une variante du préchargement dans laquelle la mise en pression du sol est assurée par un confinement et une mise sous vide du terrain. Ce procédé s'appliquant aux sols saturés de faible perméabilité, il est systématiquement associé à un réseau de drainage. Son utilisation est plutôt réservée aux projets réalisés sur des sols très mous pour lesquels la stabilité est un problème majeur.

6 Reconnaître et décrire le comportement des sols tourbeux

Du tome 1, nous avons choisi d'extraire, du chapitre 1, « Reconnaître et décrire le comportement des sols », une partie importante consacrée aux sols tourbeux. Ces sols organiques posent des problèmes délicats vis-à-vis des tassements dans les techniques de préchargement, mais aussi dans les mélanges de *deep mixing method*, l'exécution des colonnes ballastées ou

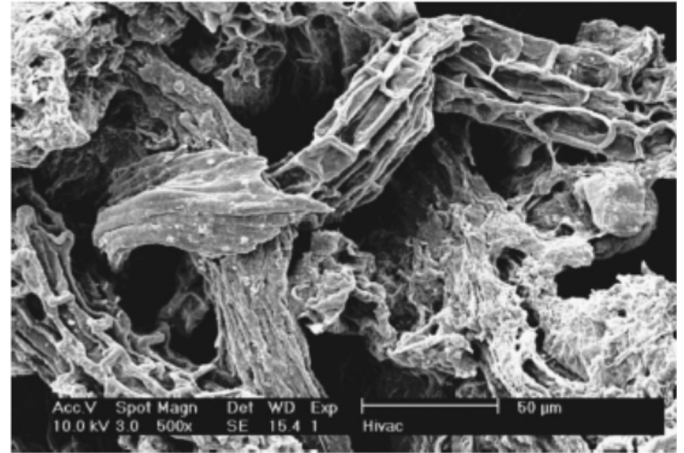


Fig. 1. Tourbe fibreuse de la baie James au Québec (Mesri et Aljouni, 2007).

Fig. 1. Fibrous peat from James Bay in Quebec (Mesri et Aljouni, 2007).

des inclusions rigides coulées en place. La classification de Von Post, qui propose une échelle d'humification comportant dix catégories, est complètement décrite. Cette échelle (de H1, masse végétale non humifiée, à H10, sol organique totalement humifié) a une portée internationale et est très utilisée dans les techniques de *deep mixing method*. La figure 1 d'une tourbe fibreuse jeune, non humifiée de classe H1, où les végétaux sont encore intacts, montre les macropores entre les végétaux, les végétaux étant eux-mêmes creux, et l'ensemble formant un volume des vides considérable.

Concernant le comportement des tourbes, Mesri à partir d'une grande quantité de mesures de fluage a conclu que le rapport $C_{\alpha e}/C_c$ ou C_s (indice de fluage/indice de compression ou indice de décompression-recompression) est constant aussi bien dans le domaine surconsolidé que dans le domaine normalement consolidé (Fig. 2).

7 Contenu du tome 2

Le tome 2 comporte neuf chapitres, il traite des techniques d'amélioration et de renforcement des sols avec adjuvants, inclusions ou par injection.

7.1 Amélioration des sols, avec adjuvants ou inclusions.

Rédigé par Laurent Briançon et Serge Lambert, le chapitre 10 traite des techniques classiques de colonnes ballastées, par voie sèche et humide, et par pilonnage. Mais il consacre en plus un paragraphe complet sur les colonnes confinées, qui ont vu le jour dans les années 1990 pour répondre au besoin d'étendre le domaine d'application des colonnes ballastées aux sols très compressibles, tourbeux et vaseux, qui offrent une possibilité de confinement très faible.

Le chapitre 11 a été très développé par Bruno Simon, du fait de l'utilisation croissante du renforcement des sols compressibles par des inclusions rigides ces dernières années. Il a été rédigé sur la base des recommandations ASIRI

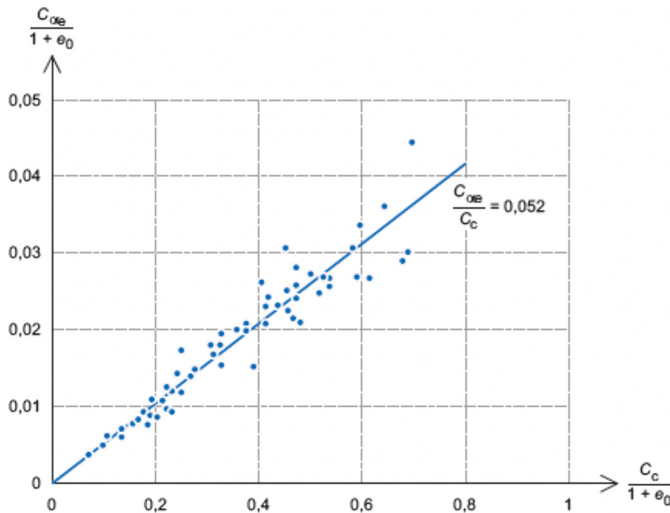


Fig. 2. Relation entre C_{oe}/C_c et C_{oe}/C_s pour la tourbe de Middleton.
Fig. 2. Relationship between C_{oe}/C_c and C_{oe}/C_s for Middleton peat.

(Amélioration des sols de fondation par inclusions rigides), mais en tenant compte des retours d'expérience depuis la parution de ces recommandations en 2012 (ASIRI, 2012). En particulier, les vérifications ELS et ELU sont détaillées, pour la conception l'ouvrage, en référence aux normes fondations NF P 94-261 (juin 2013) et 262 (juillet 2012). Il décrit avec précision les différentes phases d'exécution : plateforme de travail, inclusions rigides, matelas de répartition, et nappes de renforcement si nécessaires et se poursuit par les différents essais de contrôle, entre autres sur la capacité portante de l'inclusion et l'essai de contrôle d'intégrité du fût.

Rédigé par Laurent Briançon, Philippe Delmas et Bruno Simon, le chapitre 12 se focalise sur les géosynthétiques de renforcement, il en décrit les mécanismes. Il détaille la prise en compte d'une nappe de renforcement dans le matelas de répartition au-dessus des inclusions rigides.

7.2 Amélioration des sols avec injections

Cette dernière partie démarre avec le chapitre 13 consacré aux méthodes biologiques, techniques du xxi^e siècle. Écrit par Annette Esnault-Filet, il est centré sur la biocalcification. Le principe consiste à lier des sols granulaires par des cristaux de calcite obtenus grâce à l'action d'une bactérie, *Sporosarcina pasteurii*, en présence d'une solution calcifiante composée d'urée et de chlorure de calcium. Ce procédé, en développement, a connu des applications en France et à l'étranger.

Le chapitre 14, rédigé par André Jaubertou, fait la synthèse actuelle des procédés d'injection par imprégnation et par claquage, pour les travaux d'étanchéité et de consolidation. Il décrit les coulis à base de liants hydrauliques en suspension et des coulis à base de produits chimiques en solution. Un paragraphe important est consacré à l'acquisition, la restitution et la gestion des paramètres d'injection par les systèmes informatiques les plus modernes.

Le chapitre 15, rédigé par Fabrice Mathieu, concerne la technique du mélange profond (*deep mixing method* ou DMM en langue anglaise [Federal Highway Administration Design Manual, 2013]) qui a pour objectif d'améliorer les caractéristi-

ques du sol *in situ* et en profondeur, par malaxage du terrain en place avec l'incorporation d'un liant hydraulique pour former un nouveau matériau dénommé *soilmix* (Denies et Van Lysebetten, 2012). Cette technique, qui a vu le jour au Japon et en Suède dans les années 1960, ne s'est développée en France que ces dernières années. Le liant, composé d'un ou de plusieurs éléments parmi : chaux, ciment, laitier, cendres volantes..., produits inertes, adjuvants, est soit incorporé par voie sèche sous forme de poudre, soit par voie humide sous forme de coulis. Les éléments de sol traité peuvent avoir des formes différentes ; ils peuvent former des colonnes, des panneaux discontinus et continus, des réseaux de colonnes, des blocs.

Les techniques de *jet grouting* sont développées dans le chapitre 16, pris en charge par Laurent Briançon et Serge Lambert. Les domaines d'application dépassent la seule amélioration des sols, ils s'étendent aux travaux d'étanchéité, aux renforcements de structure et aux reprises en sous-œuvre. Plusieurs technologies sont proposées pour contrôler la géométrie des colonnes de *jet grouting*.

Le chapitre 17 sur l'injection solide a bénéficié du concours d'André Jaubertou, de Serge Lambert et de Claude Plumelle. Il met l'accent sur l'amélioration des sols et sur le renforcement des structures ainsi que sur les reprises en sous-œuvre. Les auteurs soulignent que cette technique s'applique essentiellement pour des sols granulaires assez lâches et qu'il est nécessaire sous les fortes pressions d'injection de disposer d'une couverture superficielle suffisante pour confiner le massif de sol. Les mesures de suivi et de contrôle, l'enregistrement des paramètres de forage, des paramètres d'injection et l'évolution du traitement sont développés.

Le dernier chapitre 18 traite de l'injection de résine expansive ; il a été écrit par Nicolas Faure. L'amélioration des sols par injections de résine expansive consiste à injecter au sein des sols d'assise d'un ouvrage, une résine expansive à très forte capacité d'expansion. La pression de gonflement de la résine va alors densifier le sol en s'opposant aux contraintes de confinement. Cette technique permet d'améliorer les capacités portantes des sols d'assise, de réduire la perméabilité des sols en place, de traiter des sols sensibles aux phénomènes de retrait-gonflement, enfin de relever des ouvrages. La technique d'amélioration des sols par injection expansive peut être envisagée pour presque tous les sols, sauf pour les sols organiques ou présentant un état de plasticité trop élevé. Actuellement, la profondeur du traitement est limitée à 15 m.

8 Exemple de chantier utilisant la deep mixing method en combinaison avec les inclusions rigides

Du tome 2, nous avons sélectionné la présentation d'un chantier combinant deux méthodes : celle de la DMM associée à des inclusions rigides.

Le chantier présenté est celui d'un tronçon d'autoroute qui nécessitait la mise en œuvre de remblais sur sols compressibles sur environ 600 m linéaires.

8.1 Problématique à résoudre

La coupe de sol caractéristique du projet est présentée dans le [tableau 1](#) ci-dessous.

Tableau 1. Coupe géotechnique du projet.

Table 1. Geotechnical cross section of the project

Type de sol	Épaisseur [ml]	E_M [MPa]	P_i^* [MPa]	α [-]	γ [kN/m ³]	E_u [MPa]	ν_u [-]	E' [MPa]	ν [-]	ϕ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]
Argile marneuse 0 à 5 m (AltL)	5	2,8	0,30	2/3	20	4,52	0,4	4,2	0,3	20	0	50
Marne très altérée (14 très alt)	5	2,8	0,30	2/3	20	4,52	0,4	4,2	0,3	20	10	50
Marne altérée (14 alt)	5	4,4	0,62	2/3	20	7,11	0,4	6,6	0,3	20	10	80
Marne saine (14 sain)	> 10	25,7	3,05	1/2	20	55,35	0,4	51,4	0,3	22	12	120

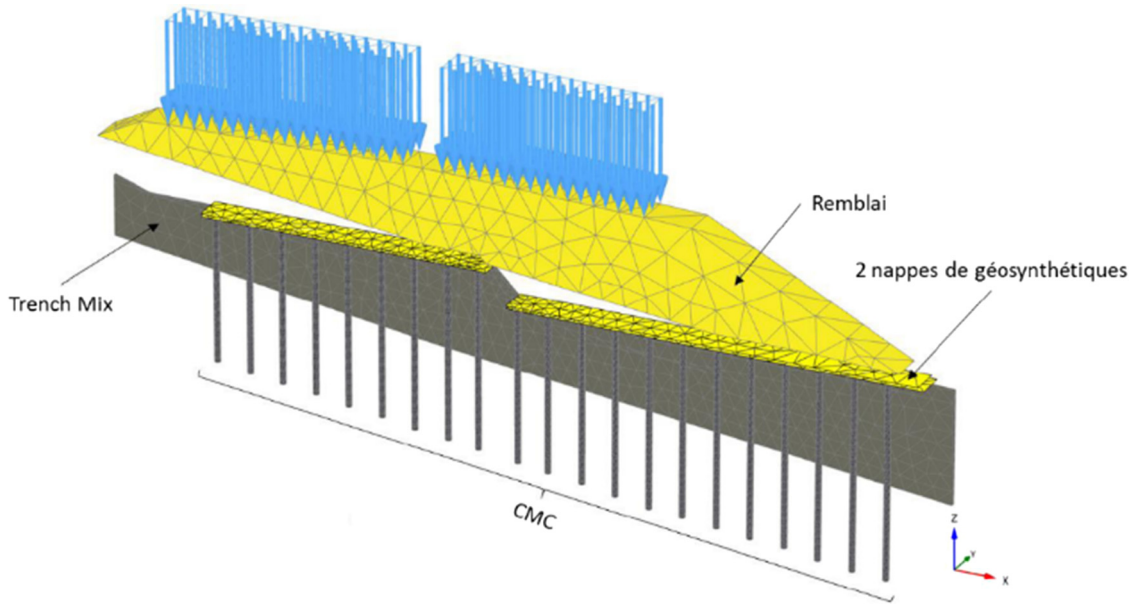


Fig. 3. Modélisation 3D de la solution de renforcement de sol Trenchmix[®] et CMC[®]. Vue en coupe, perpendiculaire au tracé de l'autoroute.
Fig. 3. 3D model of the soil reinforcement solution by means of Trenchmix[®] and CMC[®]. Cross section perpendicular to the axis of the motorway.

Sans mise en œuvre de renforcement de sol, ce projet n'aurait pas été réalisable car cela aurait conduit à des glissements de terrains liés notamment au déplacement de leur frange superficielle jusqu'à une profondeur d'environ 7 m. Il s'est donc avéré nécessaire de recourir à des solutions de renforcement de sol permettant de garantir à la fois la stabilité de l'ensemble et de réduire également les tassements post-construction.

8.2 Solution mise en œuvre

La solution retenue consiste à combiner deux techniques de renforcement de sol : les inclusions rigides du type colonnes à module contrôlé (CMC[®]) et le Trenchmix[®], procédé de DMM consistant à réaliser des parois continues de sol traité à l'aide d'une trancheuse :

- les CMC[®], disposées selon une maille rectangulaire et pouvant traverser les couches de sols compressibles même sur une grande épaisseur, augmentent la raideur verticale du sol et réduisent donc les tassements. Les CMC[®] viennent s'ancrer dans les marnes saines ;
- les voiles de Trenchmix[®], installés à intervalles réguliers entre les rangées de CMC[®], dans la direction perpendiculaire à l'axe du remblai, augmentent la raideur horizontale du sol sur sa partie supérieure. Ils interceptent ainsi les cercles

potentiels de rupture des sols superficiels et contribuent à réduire sensiblement les déplacements latéraux. Par conséquent, les CMC[®] ne sont pas soumises à des moments fléchissant ou à des efforts de cisaillement élevés et n'ont pas besoin d'être armées.

Les figures 3 et 4 présentent les vues en coupe et en plan de la solution de renforcement de sol mise en œuvre pour ce projet.

L'intérêt de cette solution est double : d'une part, l'intégrité des inclusions rigides CMC[®] est assurée du fait de la réduction des déplacements latéraux par les voiles de Trenchmix[®], et, d'autre part, les CMC[®] supportent la majeure partie de la charge du remblai, ce qui permet de réduire les contraintes dans les voiles de Trenchmix[®] à des valeurs acceptables.

Le dimensionnement de cette solution prend en compte de nombreuses interactions entre le sol et les deux éléments de renforcement ; il nécessite donc de faire appel à des calculs assez complexes aux éléments finis.

Les voiles de Trenchmix[®] d'une épaisseur de l'ordre de 40 cm sont installés toutes les deux à trois rangées de CMC[®]. Les CMC[®] ont des diamètres usuels pouvant varier de 28 à 42 cm et sont disposées selon des mailles carrées ou rectangulaires dont l'espacement varie en fonction de la hauteur de remblai, de la compressibilité du sol et des critères de tassements.

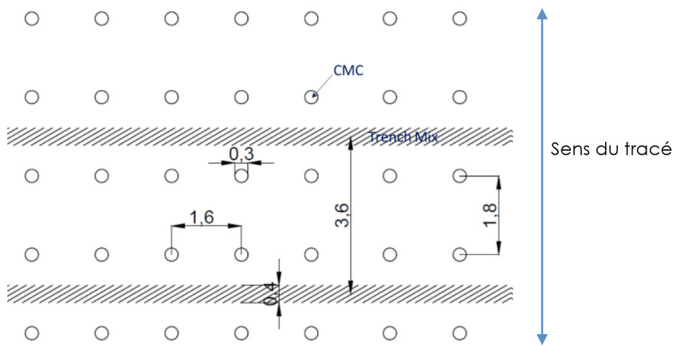


Fig. 4. Vue en plan de la solution d’amélioration de sol Trenchmix[®] et CMC[®].

Fig. 4. Plan view of the soil reinforcement solution by means of Trenchmix[®] and CMC[®].

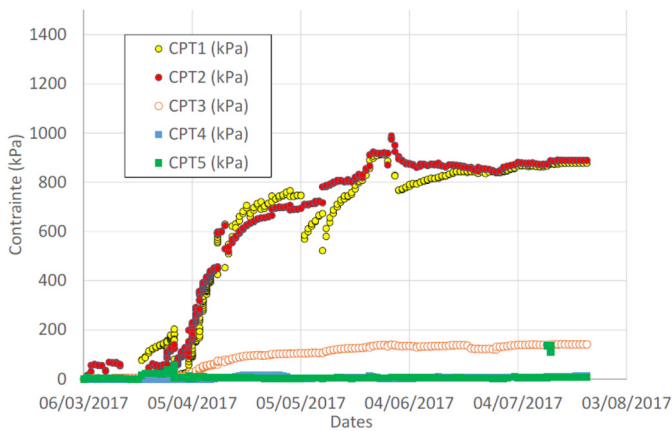


Fig. 5. Transfert de charge au niveau des différents capteurs de contrainte.

Fig. 5. Load transfer at different stress cells location.

8.3 Suivi du comportement du sol renforcé et chargé

Une instrumentation a été installée sur le tronçon traité pour mesurer notamment les efforts transmis dans le sol, les CMC[®] et le Trenchmix[®], ainsi que les tassements et déplacement mesurés.

Les résultats des mesures de contraintes par des capteurs de pression totale (CPT), donnés sur la [figure 5](#), montrent qu’une

fois le remblai mis en place, les CMC[®], grâce à leur rigidité, concentrent la majorité des charges (CPT 1 et 2), tandis que peu de contrainte passe dans le sol (CPT 5) ou dans les écrans de Trenchmix[®] (CPT 4).

L’utilisation combinée des deux méthodes d’amélioration de sol a donc permis de solutionner de façon optimale les problèmes géotechniques posés sur ce chantier.

9 Conclusion

Le livre sur l’amélioration et le renforcement des sols, *AMSOL*, constitué de deux tomes, traite des techniques d’amélioration et de renforcement pour les sols pulvérulents, les sols cohérents, les remblais, sans ou avec adjuvant, avec inclusions ou avec injections. Il fournit aux géotechniciens, de bureau d’études, de contrôle, d’entreprise, les outils nécessaires à la conception, au dimensionnement, à l’exécution et aux contrôles de chacune des techniques et apporte aux étudiants en fin de cursus de géotechnique les éléments nécessaires à la connaissance approfondie de l’amélioration des sols. Cet ouvrage a bénéficié d’une très importante contribution de l’ensemble de la profession : entreprises, bureaux d’étude et de contrôle, industriels, académiques. Il contribue à l’enrichissement et à la promotion de la géotechnique française.

Références

Briançon L, Liausu P, Plumelle C, Simon B. 2018a. *AMSOL* tome 1 (Amélioration et renforcement des sols). Éditions Le Moniteur, pp. 489.

Briançon L, Liausu P, Plumelle C, Simon B. 2018b. *AMSOL* tome 2 (Amélioration et renforcement des sols). Éditions Le Moniteur, pp. 620.

ASIRI. 2012. Amélioration des sols par inclusions rigides. Presses des Ponts, ISBN 978-2-85978-462-1.

Denies N, Van Lysebetten G. 2012. General Report-Session 4-Soil Mixing 2-Deep Mixing. In: ISSMGE-TC 211 International symposium on Ground Improvement IS-GI Brussels, vol. I, pp. 87–124.

Federal Highway Administration Design Manual. 2013. Deep mixing for embankment and foundation support. Publication No. FHWA-HRT-13-046, 213 p.

Mesri G, Aljouni M. 2007. Engineering properties of fibrous peats. *J Geotech Geoenviron Eng ASCE*: 850–866.

Citation de l’article : Philippe Liausu, Claude Plumelle. Un livre sur l’amélioration et le renforcement des sols : *AMSOL*. Rev. Fr. Geotech. 2020, 162, 5.