Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 112 (1986)
Heft: 26

Artikel: Les massifs en terre renforcée par des géotextiles
Autor: Gicot, Olivier
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76034

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Les massifs en terre renforcée par des géotextiles[1]

par Olivier Gicot, Fribourg

1. Préambule

De tout temps, l'ingénieur a été confronté au problème de la résistance des sols, auquel lui est lié en particulier celui de la poussée des terres et de la stabilité des remblais. On a cherché à améliorer cette résistance en incorporant aux sols des additifs pour la plupart sous forme de liant tel que le ciment, la chaux ou le bitume, solution ne s'appliquant toutefois pas aux ouvrages de soutènement. L'avènement de la terre armée et le développement pratiquement simultané des géotextiles vers la fin des années soixante ont conduit à tenter de remédier dans ce dernier cas au manque de résistance des sols d'apport en leur adjoignant des géotextiles. Il en résulta la construction, tout d'abord à titre expérimental, puis plus tard pour des ouvrages provisoires, enfin pour des ouvrages définitifs, de massifs en terre renforcée par des géotextiles (fig. 1 et 2).

L'Association suisse des professionnels des géotextiles (ASPG) a prévu, dans son manuel paru en 1985, un chapitre consacré aux ouvrages renforcés par des géotextiles, chapitre qui doit encore être édité. Son but sera de guider l'ingénieur dans la mise au point du projet, le dimensionnement et la mise en œuvre d'un tel ouvrage.

2. Le renforcement d'un sol et ses effets

Pour la création d'ouvrages en terre renforcée, trois types principaux d'association de sol et d'additif ont vu le jour dans les quinze dernières années: celui de sol et d'armature métallique (terre armée) [1] [2], de sol et de fibres synthétiques continues Texsol [2] ou discontinues, et enfin celui de sol et de nappes géotextiles (fig. 3). Les nombreuses recherches entreprises jusqu'à ce jour ont montré que ces diverses associations, analogues dans une certaine mesure à celles que l'on a dans le domaine du béton, confèrent à ce nouveau matériau composite une résistance à la traction qui faisait largement défaut au sol non renforcé, grâce à ce que l'on considère soit comme une pseudo-cohésion, soit comme un accroissement équivalent de compression latérale [3]. Cet accroissement de résistance s'accompagne d'une modification du comportement contrainte-déformation du sol renforcé par rapport à celui du sol non renforcé (fig. 4). Toutefois, pour que l'effet de renforcement soit efficace, il doit y avoir compatibilité des déformations du sol et de son additif. Ce point est

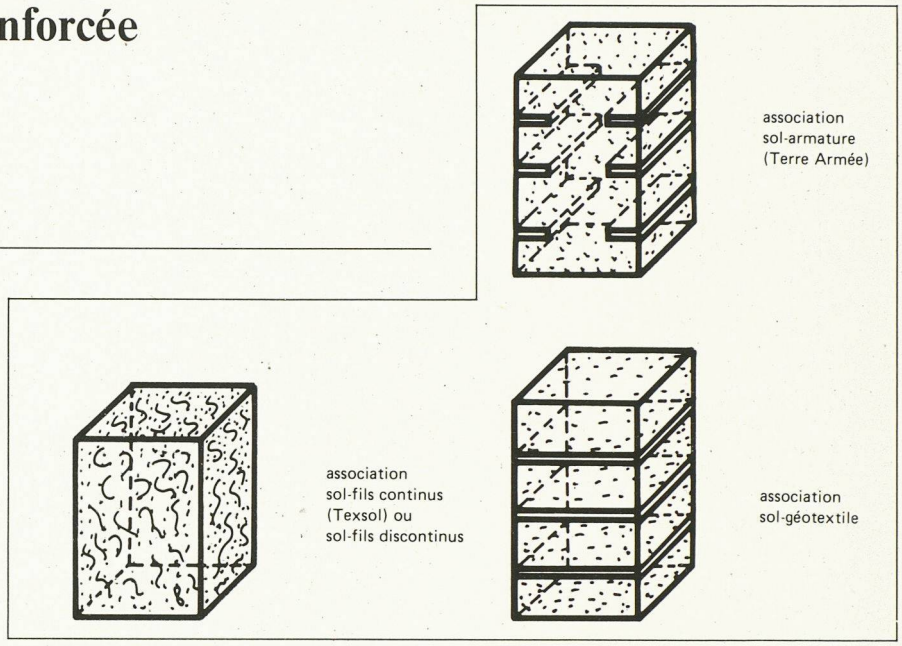

Fig. 3. — Renforcement d'un sol par un additif synthétique ou métallique.

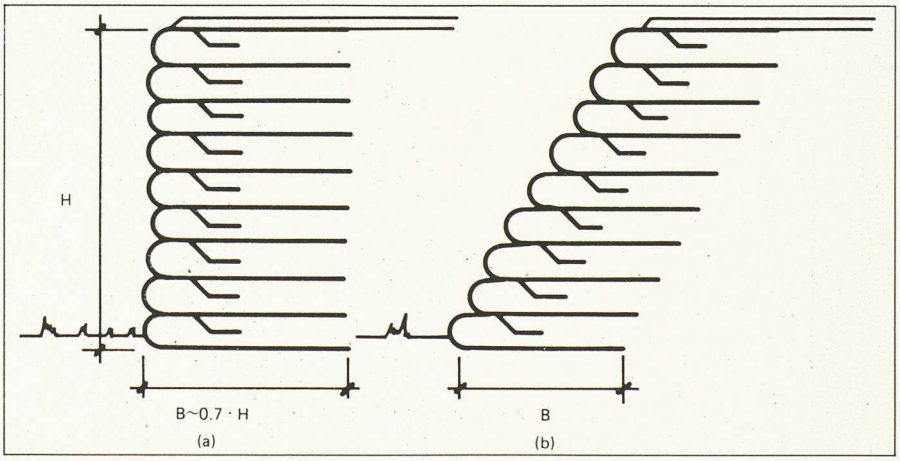

Fig. 1. — Massifs en terre renforcée par des géotextiles : parement vertical (a) *et parement incliné* (b).

Fig. 2. — Massif en terre renforcée par des géotextiles, hauteur 9,50 m, réalisé à Prapoutel (près de Grenoble, France) en 1982. (Document Enka.)

[1] Extrait de la conférence donnée le 13 mars 1986 à l'EPFL, Ecublens, à l'occasion de la 5e Journée d'études sur les géotextiles.

[2] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

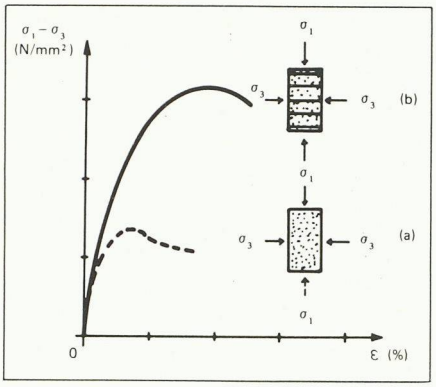

Fig. 4. – Résultats qualitatifs d'un essai triaxial sur un sol non renforcé (a) *et un sol renforcé par des géotextiles* (b).

TABLEAU 1: *Coefficients de sécurité selon Scetauroute*

Nature du polymère	*Durée de la sollicitation*		
	Court terme 1 an	*Moyen terme 5 ans*	*Long terme ⩾ 10 ans*
Polyester	2	3,3	5
Polypropylène Polyéthylène	5	6,6	10

à prendre en considération dans le choix des matériaux constituant le massif renforcé, en particulier des géotextiles qui peuvent être des tissés, des nontissés, ou des composites (association de tissé et de nontissé).

3. Aptitudes requises d'un géotextile dans un massif renforcé

Dans un massif renforcé par des géotextiles, dont seul il sera question ici, le rôle du géotextile est tout d'abord *mécanique*. Du point de vue *fonctionnel*, il doit avoir une résistance suffisante et une déformabilité appropriée dans le domaine des contraintes auquel il est soumis pour reprendre valablement les efforts de traction. De plus, le frottement sol-géotextile doit assurer avec toute sécurité la transmission des sollicitations en traction et garantir un bon ancrage de la nappe dans le massif, ancrage tributaire également de la souplesse du géotextile. A ces caractéristiques s'ajoute encore celle du fluage du géotextile, qui joue un rôle particulièrement important dans les ouvrages permanents. Ce fluage peut varier considérablement en fonction de la matière première du produit (fig. 5) et aussi de la technique de fabrication du géotextile. Ce phénomène, lié au facteur temps, à la température et à l'importance de la sollicitation du géotextile, doit être pris en considération dans le dimensionnement par l'intermédiaire de coefficients de sécurité. Si l'on considère le comportement contrainte-déformation à court et à long terme du géotextile, les recommandations consignées dans le manuel des géotextiles de l'ASPG limitent l'allongement (élastique) spécifique sous charge de service et l'allongement sous 25% de la charge de rupture (fluage) à 3% pour des ouvrages autorisant de faibles déformations. Tout autre état admis de déformations de l'ouvrage devrait faire l'objet d'une analyse particulière. Les forces de traction admissibles dans le géotextile sont limitées au tiers de la force de rupture.

De leur côté et à titre d'exemple, les recommandations de *Scetauroute* (France) tiennent compte de la durée estimée de l'ouvrage (c'est-à-dire de celle de sa sollicitation) et proposent des coefficients de sécurité vis-à-vis de la résistance en traction à la rupture du géotextile, en fonction de la matière première (tableau 1).

Du point de vue *opérationnel*, la résistance du géotextile à la déchirure est déterminante.

Dans un massif renforcé, le géotextile joue aussi un rôle *hydraulique*. Par ses caractéristiques de filtration (diamètre de filtration) et de drainage (surtout dans son plan, c'est-à-dire par sa transmissivité), le géotextile est apte à dissiper les pressions interstitielles qui pourraient se développer dans le massif lors de son édification. De cette aptitude découle la possibilité d'utiliser des matériaux d'apport de médiocre qualité, autrement dit de réaliser un massif renforcé avec des matériaux exploités par exemple sur place, opération intéressante sur le plan économique. Cet avantage exige toutefois de disposer d'un géotextile adéquat, catégorie dans laquelle un géotextile composite (association de tissé et de nontissé) a un avenir prometteur.

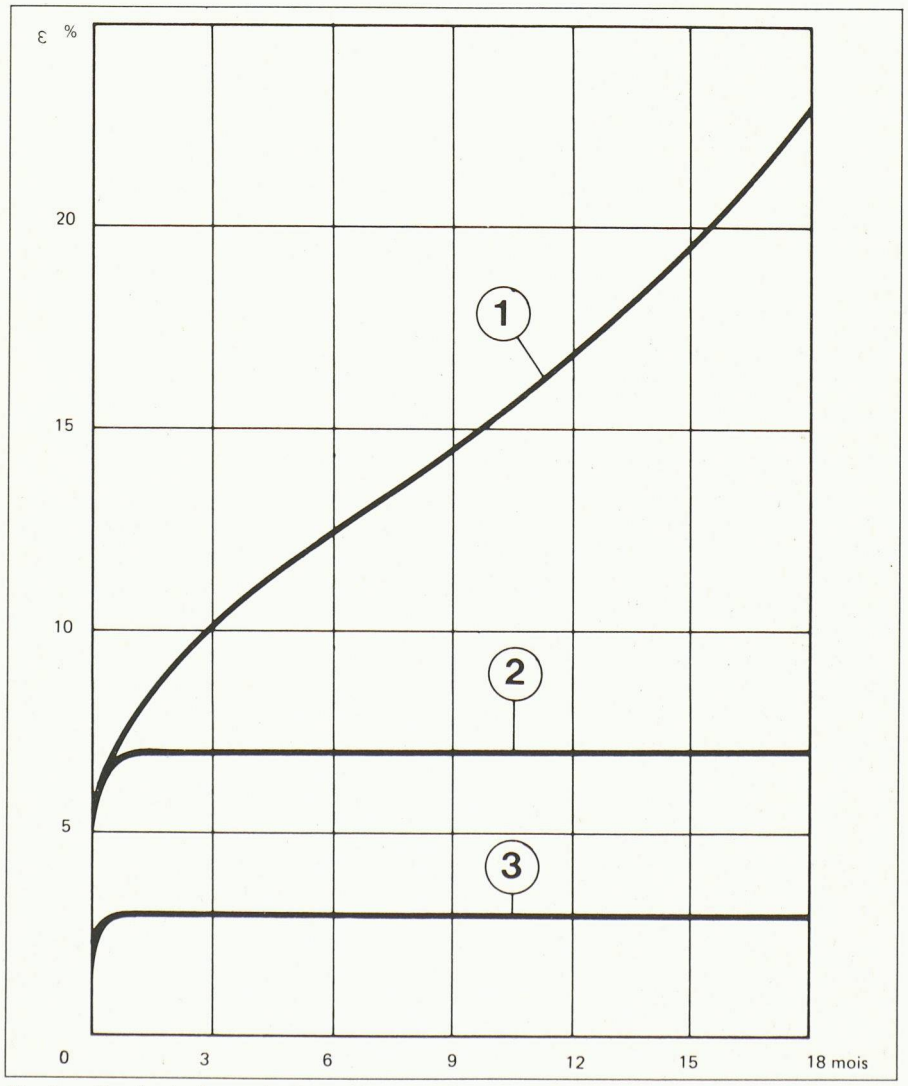

Fig. 5. – Courbe de fluage de divers filaments: ① polypropylène; ② polyamide; ③ polyester.

4. Types de massifs renforcés par des géotextiles

Les massifs en terre renforcée par des géotextiles sont divisés en deux groupes principaux (fig. 1):

a) les massifs à parement vertical ou subvertical (soutènements proprement dits);
b) les massifs à parement incliné (talus renforcés).

De ces deux groupes sont issues diverses catégories de massifs qui diffèrent par la

constitution de leur parement (géotextile protégé par de la végétation, gabions, éléments préfabriqués en béton, etc.). Compte tenu de la durée de vie de l'ouvrage, il faut en effet remédier en surface en particulier à la déficience de résistance à long terme des géotextiles aux rayons ultraviolets.

On ajoutera que les massifs renforcés peuvent être aussi bien monofonctionnels, c'est-à-dire qu'ils doivent assurer seulement leur propre stabilité (par exemple massifs antibruits) que multifonctionnels, c'est-à-dire reprendre en plus des sollicitations extérieures (par exemple soutènements).

5. Stabilité externe et interne du massif renforcé

Le dimensionnement de tout ouvrage en contact avec le sol exige d'examiner tout d'abord sa stabilité externe, c'est-à-dire celle qui est en relation avec son environnement.

Cette analyse concerne (fig. 6):

① les conditions d'appui de l'ouvrage;
② la déformabilité des sols d'appui dans le sens longitudinal et transversal de l'ouvrage;
③ la capacité portante des sols d'appui;
④ la stabilité au glissement à la base de l'ouvrage;
⑤ la poussée externe des terres;
⑥ la stabilité générale;
⑦ la stabilité de l'ensemble massif-sols sous-jacents;
⑧ la stabilité au renversement;
⑨ les conditions hydrogéologiques et le drainage du massif;
⑩ l'influence de surcharges et d'effets dynamiques.

Comme pour un ouvrage en terre armée, l'étude de la stabilité interne d'un massif renforcé par des géotextiles doit prendre en compte l'existence de deux zones distinctes, l'une (I) active où la traction T dans les nappes de géotextiles est dirigée vers le parement, et l'autre (II), résistante, où le géotextile fait office d'ancrage, ces deux zones étant séparées par le lieu géométrique des tractions maximales dans les nappes (fig. 7). On doit y ajouter une troisième zone (III) génératrice de poussée (P) qui influe sur le dimensionnement interne du massif.

6. Méthodes de calcul des massifs renforcés par des géotextiles

Il existe un nombre important de méthodes de calcul des massifs renforcés par des géotextiles. Elles peuvent être divisées en deux groupes principaux, qui tous deux englobent des méthodes de calcul à l'état d'équilibre limite, qui font appel à des concepts de mécanique des sols courants. Ce sont dans le premier groupe celles où l'on suppose que la rupture se développe dans le massif selon un plan ou une suite de plans. A ce groupe appartiennent entre autres les méthodes de[3]:

- la terre armée;
- Murray;
- Broms;
- Tensar;
- Enka;
- Jaecklin.

Dans le second groupe, on classera les méthodes qui admettent que la rupture se produit selon une surface curviligne et qui sont entre autres celles de:

- Chemie Linz;
- Rüegger;
- Leshchinsky-Reinschmidt [4];
- Gourc-Ratel-Delmas (méthode en déplacements) [5].

Plusieurs de ces méthodes ont des points communs ou sont dérivées l'une de l'autre. Il faut préciser en outre qu'à l'exception de la dernière citée, elles ne tiennent pas compte de la déformation du massif renforcé et ne fournissent en conséquence pas d'indications à ce sujet.

Il reste encore à mentionner la méthode de calcul par éléments finis, utilisée actuellement, pour diverses raisons, principalement dans le domaine de la recherche.

7. Quelques traits sur la conception et l'exécution d'un massif renforcé par des géotextiles

En raison de la parenté des deux types d'ouvrage, la tendance actuelle est d'appliquer pour les dimensions minimales les directives relatives à la terre armée [1] pour les massifs renforcés par des géotextiles, ou du moins de s'en inspirer. Elles ne concernent toutefois que des ouvrages à parement vertical. L'expérience a de son côté montré que du point de vue économique et pratique l'entraxe des nappes devrait se situer entre 0,40 et 0,80 m. Le parement du massif doit être protégé contre l'action des rayons ultraviolets, contre le vandalisme et de plus s'intégrer le mieux possible à son environnement sur le plan esthétique. L'importance et le genre de mesures à prendre est fonction entre autres de la durée estimée de vie et de la géométrie de l'ouvrage (végétalisation, écailles, etc.).

L'exécution classique d'un massif renforcé par des géotextiles exige l'utilisation d'un coffrage mobile que l'on déplace au fur et à mesure de l'édification de l'ouvrage (fig. 8)[4]. L'épaisseur des couches de sol d'apport doit être adaptée à l'entraxe des nappes. Elle sera généralement de 0,30 à 0,40 m. Chaque couche devra être soigneusement compactée afin de limiter au minimum les déformations du massif (fig. 9). Pour garantir la transmission des efforts de traction, les géotextiles seront posés d'une pièce dans la direction de ces efforts. Toute liaison entre nappes ou parties de nappes sera réalisée par couture.

[3] Les méthodes citées sans référence à la bibliographie seront décrites dans le manuel de l'ASPG.

[4] Les photographies des figures 8, 9, 11 et 12 ont été aimablement mises à disposition par l'IRIGM de Grenoble (France).

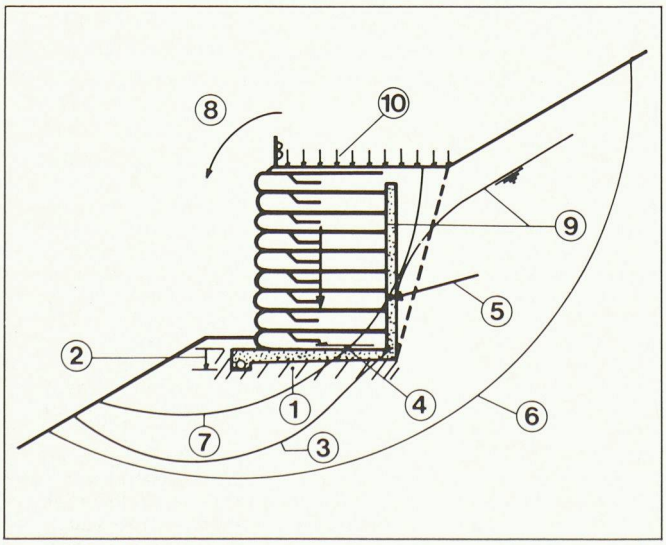

Fig. 6. – Problèmes liés à la stabilité externe d'un massif renforcé par des géotextiles.

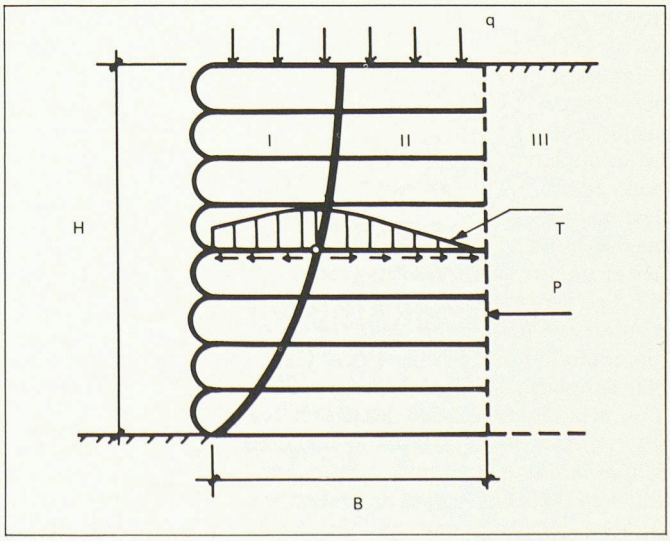

Fig. 7. – Stabilité interne d'un massif en terre renforcée par des géotextiles.

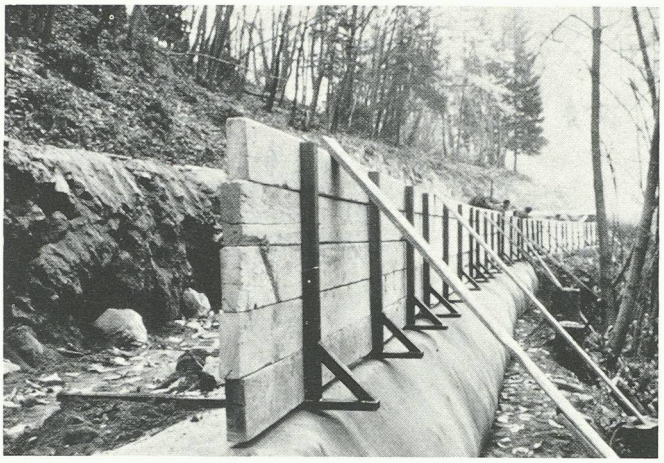

Fig. 8. — Coffrage mobile pour exécution du parement.

Fig. 9. — Opération de compactage.

8. Exemples particuliers d'ouvrages exécutés

Depuis 1971, date à laquelle fut réalisé le premier massif, expérimental, en terre renforcée par des géotextiles (nontissé polyester) à Rouen (France), de nombreux ouvrages à caractère aussi bien définitif que provisoire ont été exécutés. Il a paru intéressant de présenter ici quelques traits principaux de deux ouvrages, définitifs, jugés spécialement bien adaptés au rôle, similaire dans les deux cas, qui leur a été imparti.

Le premier a été édifié à Langres (France) en 1982 (fig. 10) [6]. Il s'agit d'un ouvrage destiné à supprimer la poussée des terres de remblai s'exerçant contre un mur ancien en béton du type poids de 1,20 m à 4,60 m de hauteur totale, soutenant une route sur une longueur de 200 m. L'état de ce mur s'était, au cours du temps, dégradé au point de ne plus offrir la sécurité requise. L'analyse comparative aussi bien technique qu'économique de diverses solutions de renforcement du mur conduisit à remplacer le remblai existant par un massif en terre renforcée par des géotextiles, solution permettant simultanément de conserver le mur en béton. Ayant aussi un caractère expérimental, l'ouvrage fut entre autres exécuté avec trois types de géotextiles différents (2 tissés de bandelettes en polypropylène et 1 tissé tridimensionnel monofilament polyester). Son comportement a donné jusqu'ici toute satisfaction.

Le second exemple est lié à la construction, enterrée, d'une cellule en béton destinée à abriter un imageur à résonance magnétique nucléaire au Centre hospitalier et universitaire de Grenoble (France). Les caractéristiques de cet ouvrage n'autorisant pas d'armer ses parois pour reprendre la poussée des terres, le remblai périphérique fut conçu sous forme d'un massif renforcé par des géotextiles (fig. 11). Cet ouvrage, d'une hauteur de 5,70 m et d'une largeur de 4,30 m, a été édifié en 1985. Les nappes de géotextiles, en tissé polyester, ont un entraxe de 0,80 m. Un espace de 20 à 30 cm de largeur sépare le parement du massif de la paroi de la cellule (fig. 12). Dimensionné par l'IRIGM de l'Université de Grenoble, le massif a été instrumenté pour suivre de près l'évolution de son comportement. Les contrôles montrèrent que la majeure partie des déplacements horizontaux de cet ouvrage se développa durant la phase d'édification, les mouvements se révélant par la suite très faibles.

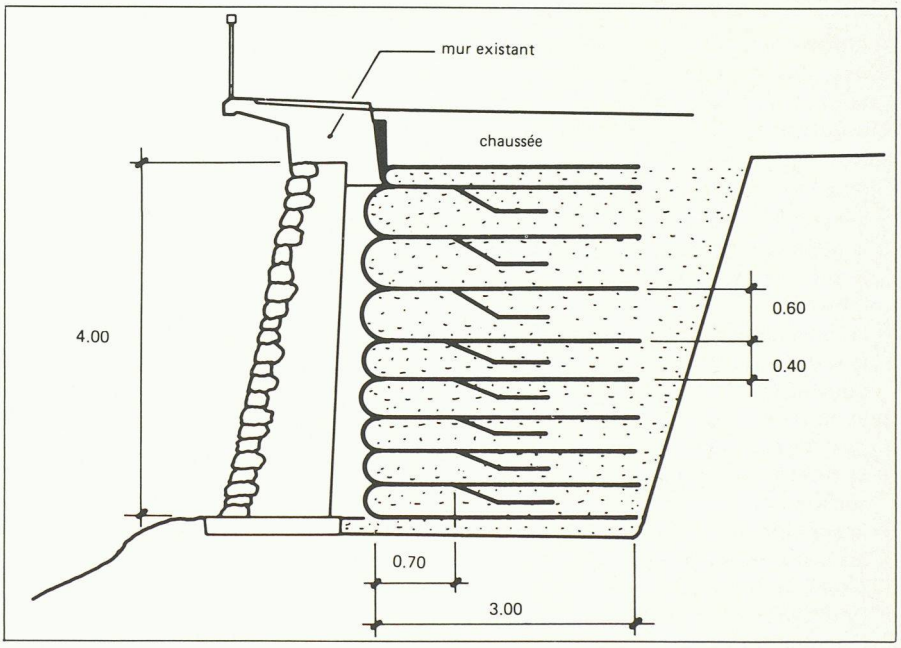

Fig. 10. — Profil en travers type du mur de soutènement et du massif en terre renforcée par des géotextiles, Langres (France) [6].

9. Conclusion

La réalisation de massifs en terre renforcée par des géotextiles a débuté il y a une quinzaine d'années, dans le sillage de la technologie mise au point par la terre armée. Certains aspects de la conception et du dimensionnement de ces deux genres d'ouvrage s'apparentent. Il faut toutefois

Bibliographie

[1] *Les ouvrages en terre armée - Recommandations et règles de l'art.* Laboratoire central des ponts et chaussées LCPC et Service d'études techniques des routes et autoroutes SETRA, France, 1979.

[2] Leflaive, E.; Liausu, Ph.: *Le renforcement des sols par fils continus*, comptes rendus du IIIe Congrès international des géotextiles, Vienne, 1986, vol. II.

[3] Bucher, F.: *Verfestigung von Böden durch Fasern*, publication nº 108 de la Société suisse de mécanique des sols et des roches, 1983.

[4] Leshchinsky, D.; Reinschmidt, A. J.: *Stability of membrane reinforced slopes*, ASCE, Journal of geotechnical engineering, vol. 111, nº 11, 1985.

[5] Gourc, J. P.; Ratel, A.; Delmas, Ph.: *Calcul des murs en sol renforcé: méthode en déplacements*, comptes rendus du IIIe Congrès international des géotextiles, Vienne, 1986, vol. II.

[6] Delmas, Ph.; Matichard, Y.; Favre, J. M.; Lehmann, M.; Rebut, P.; Prudon, R.: *Renforcement par géotextile d'un mur de soutènement sur la RN 19 à Langres.* Revue générale des routes et des aérodromes, nº 609, 1984.

[7] Gicot, O.; Gourc, J. P.; Perfetti, J.: *La solution géotextile dans l'étude et le bilan d'un projet de soutènement*, comptes rendus du IIIe Congrès international des géotextiles, Vienne, 1986, vol. II.

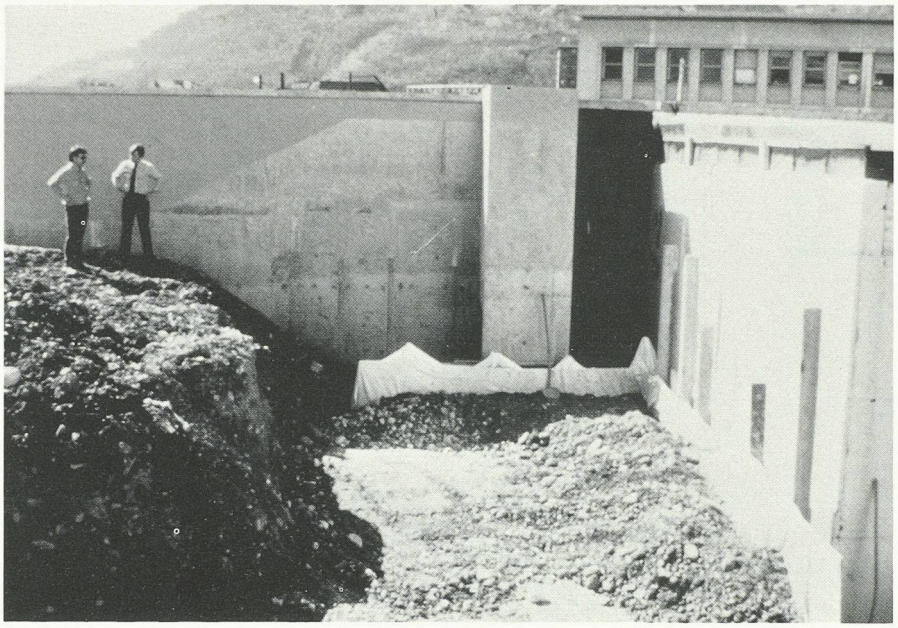

Fig. 11. — Edification du massif en terre renforcée par des géotextiles, Centre hospitalier et universitaire de Grenoble (France).

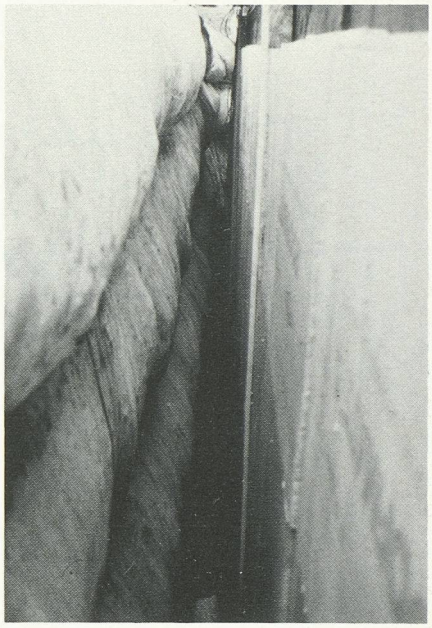

Fig. 12. — Espace libre entre le parement du massif en terre renforcée par des géotextiles et la paroi de la cellule en béton, Centre hospitalier et universitaire de Grenoble (France).

se rendre à l'évidence qu'un massif renforcé par des géotextiles n'a pas pour but de remplacer la terre armée. La grande déformabilité de tels massifs, l'intérêt d'utiliser des matériaux de médiocre qualité pris sur place comme sols d'apport ou encore la facilité de mise en œuvre en terrain topographiquement difficile sont des arguments, avec celui de l'économie [7], qui militent en faveur du développement des ouvrages en terre renforcée par des géotextiles. On n'omettra toutefois pas de porter une attention particulière au problème du fluage de certains polymères et à celui de la protection du parement vertical. Les recherches accomplies actuellement dans ces deux derniers domaines ne manqueront pas de susciter l'intérêt de l'ingénieur chargé d'étudier un projet de soutènement.

Adresse de l'auteur:
Olivier Gicot
Ingénieur civil dipl. EPFZ/SIA/ASCE
Master of Science MIT (USA)
Route de Bertigny 11
1700 Fribourg

Les géotextiles et la construction routière dans le Pays de Vaud

par Blaise-Robert Graf, Lausanne

Depuis le début des années 1970, le Bureau de construction des autoroutes du canton de Vaud utilise, avec profit et généralement avec succès, des nappes de géotextiles pour la réalisation de certains ouvrages du réseau des routes nationales. Les premières applications ont été très empiriques. Certains échecs ont permis de mieux comprendre le rôle joué par les géotextiles dans la construction routière. Un échange d'expériences entre fournisseurs, entrepreneurs et maître d'œuvre a conduit peu à peu à une meilleure connaissance, d'une part, des qualités et des défauts des géotextiles et, d'autre part, de l'interaction entre ces matériaux, les sols et les ouvrages routiers.
Quelques exemples présentés ici illustrent les expériences réalisées par le Bureau des autoroutes.

1. Principes et buts

En construction routière, il a été peu à peu observé que les principaux rôles joués par les géotextiles sont les suivants:

- séparation;
- filtration;
- drainage;
- renforcement.

En fait, et d'une façon générale, un géotextile remplit simultanément plusieurs fonctions dans un ouvrage routier et permet d'atteindre un certain nombre de buts, tels que:

- augmentation immédiate de la carrossabilité des terrains naturels;
- amélioration du compactage de matériaux remblayés sur des sols déformables et de faible portance;
- séparation nette entre la fondation et l'infrastructure, supprimant le risque de pollution des graves de la fondation;
- filtration: l'eau peut s'écouler, mais les particules fines des sols ne sont pas entraînées par le courant;

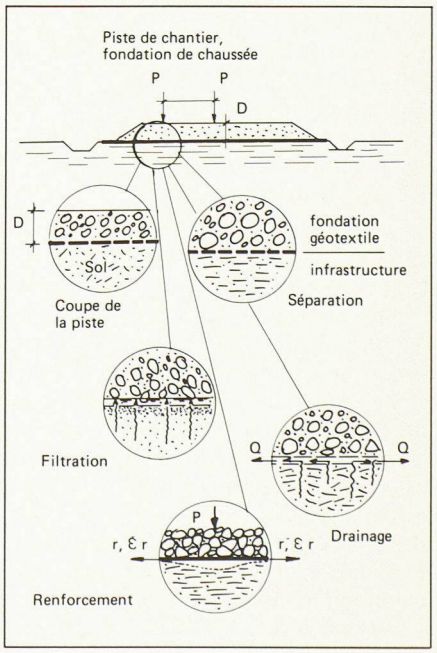

Fig. 1. — Schéma superstructure et fonctions principales d'un géotextile.

- renforcement: la présence d'un géotextile à la base des superstructures augmente, apparemment, la portance du sol d'infrastructure ou, tout au moins, permet de conserver des épaisseurs économiques pour les couches de fondation tout en réduisant les déflexions (fig. 1).