

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Ingénieurs et architectes suisses |
| Band: | 120 (1994) |
| Heft: | 10 |
| | |
| Artikel: | Aménagement de nouvelles décharges: aspects géotechniques |
| Autor: | Terentieff, Serge |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-78315 |

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: 03.02.2026

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

Par Serge Terentieff,
ingénieur diplômé
M. Sc.
De Cérenville
Géotechnique SA
1024 Ecublens

Aménagement de nouvelles décharges

Aspects géotechniques

1. Introduction

Malgré d'importants efforts de la part des collectivités publiques pour diminuer la production des déchets, le besoin de stockage définitif n'est pas éliminé. La quantité de déchets à stocker définitivement en décharges contrôlées est même en augmentation en Suisse, notamment à cause du manque de capacité d'incinération. L'aménagement de nouvelles décharges ou l'aménagement de nouvelles zones dans les décharges existantes sont donc nécessaires.

Selon la nature des déchets à stocker, il sera indispensable d'effectuer certains travaux d'équipement afin d'éviter toute atteinte à l'environnement. Ces travaux devront se faire en respectant, entre autres, la nouvelle ordonnance fédérale sur le traitement des déchets (OTD). Une discussion des aspects géotechniques liés à ces conditions d'aménagement fait l'objet de la présente communication.

2. Nouveaux types de décharge

Les déchets destinés au stockage définitif en Suisse peuvent être groupés dans deux catégories générales, selon qu'ils sont inertes ou pas (les déchets dangereux étant pour la plupart, pour l'instant en tout cas, incinérés ou stockés à l'étranger). Pour les décharges à matériaux inertes, principalement les déchets de chantier, très peu de travaux d'équipement sont nécessaires. En général, une couche d'étanchéité ne sera même pas indispensable si la teneur en métaux lourds de ces matériaux n'excède pas les valeurs limites prescrites par l'ordonnance.

Pour le stockage définitif des déchets non inertes, une étanchéification du fond et des talus est inévitable afin d'exclure toute atteinte à l'environnement.

Pour ces types de déchets, on distingue les deux catégories de décharges suivantes:

a) Décharges

pour résidus stabilisés

Ces décharges seront principalement destinées aux résidus d'incinération (cendres) riches en métaux lourds. Ces résidus sont en général stabilisés au ciment pour former des masses dans lesquels les métaux lourds seront piégés.

b) Décharges bioactives

Ces décharges seront principalement destinées aux scories d'incinération d'ordures ménagères (mâchefers), à certaines boues de STEP, à certains déchets de chantier, et à des ordures ménagères qui n'ont pu être incinérées.

Ce sont ces deux catégories de décharges qui concernent le spécialiste, car toutes deux nécessitent l'élaboration de plans d'aménagement. Ceux-ci entraîneront quatre types d'études portant sur l'étanchéité, la stabilité, le tassement et le drainage des eaux de lixiviation (eaux ayant traversé les décharges).

3. Conditions d'aménagement

La meilleure illustration de l'importance des conditions d'aménagement de l'OTD est fournie par les expériences résultant du mauvais comportement – avec atteintes à l'environnement et coûts d'assainissement consécutifs – de certaines décharges anciennes, en Suisse comme aux Etats-Unis notamment.

Dans de nombreuses décharges anciennes en Suisse, l'absence de couches d'étanchéification a en effet provoqué des pollutions graves des sols et des nappes phréatiques.

Dans le cas de la décharge de Kölliken, dans le canton d'Argovie, par exemple, une pénétration des eaux de lixiviation pol-

luées dans les sols et dans la nappe phréatique s'est avérée catastrophique pour l'environnement et a entraîné des travaux d'assainissement très coûteux.

La présence de couches d'étanchéité n'élimine cependant pas, à elle seule, tout danger d'atteinte à l'environnement. En effet, si le dimensionnement et le choix du type d'étanchéité n'est pas effectué correctement, une instabilité peut se produire par glissement le long des couches. Tel a été le cas pour une décharge aux Etats-Unis (Kettleman Hills), par exemple, où un glissement a provoqué la rupture des couches d'étanchéité.

Le rappel du mauvais comportement de ces anciennes décharges en Suisse et aux Etats-Unis fait donc ressortir clairement l'importance des questions d'aménagement (étanchéité et stabilité, entre autres). Selon une étude faite sur les déchets en Suisse, les coûts d'assainissement de certaines décharges anciennes seraient de l'ordre de cinquante à cent fois plus élevés que si les travaux d'équipement antipollution avaient été réalisés avant la mise en dépôt des déchets.

4. Types d'étanchéité

L'aménagement d'une décharge pour déchets non inertes nécessite des couches d'étanchéité non seulement en profondeur (fond et côtés) mais encore en surface pour la fermeture définitive; nous considérons ici uniquement les couches profondes. Les trois types d'étanchéité de fond de décharge suivants sont définis dans les conditions générale de l'OTD.

Variante A

Couche d'argile compactée ($k < 10^{-9}$ m/s) de 80 cm d'épaisseur

Variante B

Couche d'argile compactée ($k < 10^{-9}$ m/s) de 50 cm avec,

au-dessus, une couche plastique (géomembrane) de 2,5 mm d'épaisseur.

Variante C

Couche de fondation compactée avec, au-dessus, un revêtement en asphalte de 7 cm d'épaisseur.

Les avantages et désavantages de ces trois variantes dépendent de nombreux critères, liés à la fois au site et aux caractéristiques des couches d'étanchéité. Le choix le plus approprié dépendra, entre autres, des caractéristiques hydrauliques (perméabilité) et géotechniques (cohésion et angle de frottement interne) des matériaux, de leur disponibilité de matériaux argileux à proximité du site (coûts de mise en place), et de l'intensité des tassements du sous-sol. Le choix dépendra également de la résistance mécanique des couches (déchirement) et de leur durabilité (résistance aux rayons ultraviolets et aux attaques chimiques de la couche plastique, fissuration de la couche d'argile due au séchage, caractéristiques d'auto-cicatrisation). Une des trois variantes devra donc être sélectionnée en tenant compte des contraintes à la fois techniques et économiques.

La variante A, par exemple, est avantageuse si des matériaux argileux sont disponibles à proximité et à des prix raisonnables. Son étanchéité n'offre cependant qu'un seul niveau de sécurité, car la présence de zones plus sableuses (perméabilité plus élevée) ou des fissures dues au séchage de la couche d'argile

pourraient provoquer des fuites d'eau polluée dans le sous-sol. Un contrôle de qualité rigoureux est donc nécessaire afin d'assurer la sécurité de cette variante. La variante B, couramment utilisée en Allemagne et aux Etats-Unis, offre une *double sécurité* du point de vue de l'étanchéité. Cependant, suivant le type de géomembrane utilisée, l'interface entre la couche d'argile et la couche plastique peut agir comme surface de glissement préférentielle. L'instabilité de la décharge de Kettleman Hills aux Etats-Unis en constitue un exemple malheureux.

La variante C, qui reste pour le moment le type d'étanchéité de base le plus fréquemment utilisé en Suisse, a l'avantage de ne pas nécessiter de couche d'argile. Suivant l'intensité des tassements du sous-sol, le revêtement en asphalte risquera cependant de se fissurer.

5. Stabilité

Des calculs sont nécessaires afin de garantir la stabilité à long terme du sous-sol, des couches d'étanchéité, et des déchets. Diverses formes de glissements sont en effet possibles durant l'exploitation d'une décharge. Des surfaces de glissement peuvent survenir lors des travaux de préparation, pendant la mise en dépôt des déchets, et après la fermeture définitive. Il est donc important d'effectuer des calculs de stabilité déjà au premier stade des études (stade de projet/planification).

Les cinq différentes formes de glissements suivantes doivent en

général être considérées dans l'analyse de stabilité (fig. 1).

- I. Surface de glissement profonde ou de pied de talus au stade de terrassement
- II. Glissement à travers le tas des déchets
- III. Surface de rupture profonde à travers les déchets, les couches d'étanchéité, et le sous-sol
- IV. Rupture par glissement le long des couches d'étanchéité (couches à faible frottement)
- V. Rupture de la géomembrane dans la zone d'ancrage (pour variante d'étanchéité B)

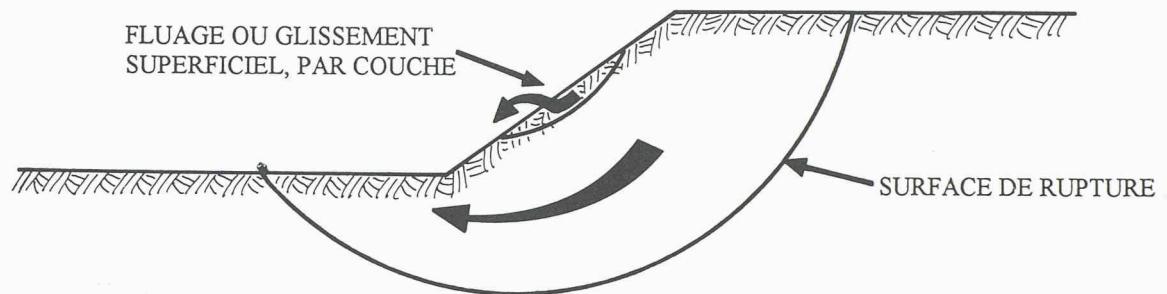
Les formes de glissement illustrées par les schémas I. à III. représentent des cas d'instabilité «classiques», qui sont en général pris en considération (analyses typiques effectuées par un ingénieur géotechnicien). Les types de glissement IV. et V. sont plus particuliers, car leur analyse nécessite une connaissance particulièrement poussée des caractéristiques des matériaux d'étanchéification, ce qui n'a, jusqu'à récemment, pas encore été bien maîtrisé. Ce sont ces deux derniers types d'instabilités que nous examinons par la suite.

La variante d'étanchéification B (étanchéité du fond avec *double sécurité*), qui consiste en une couche d'argile de 50 centimètres d'épaisseur et une couche plastique (géomembrane), doit prendre en compte les questions de stabilité à l'interface des deux couches (voir illustrations IV. et V.). En effet, suivant l'inclinaison du fond de la décharge et le type de plastique

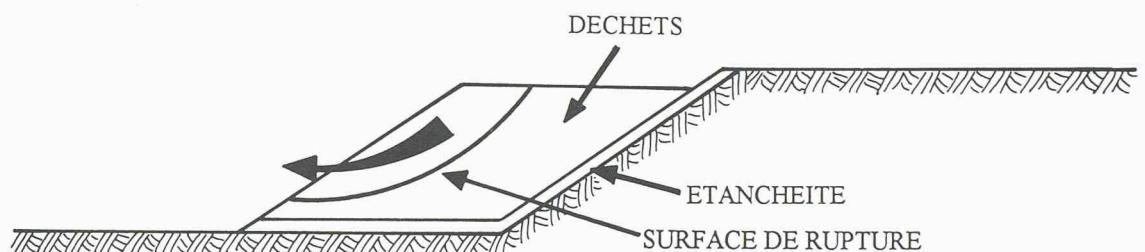
Tableau 1 – Caractéristiques de résistance des interfaces critiques dans le système d'étanchéification de la décharge de Kettleman Hills, aux Etats Unis

| Type d'interface/couches | Angle de frottement résiduel ou cohésion résiduelle à l'interface des couches, à saturation | Angle de frottement résiduel le long d'un talus sec |
|---------------------------|---|---|
| Géomembrane/géotextile | $\phi = 8^\circ \pm 1^\circ, c = 0$ | $\phi = 9^\circ \pm 1^\circ, c = 0$ |
| Géomembrane/géogrille | $\phi = 8,5^\circ \pm 1^\circ, c = 0$ | $\phi = 8,5^\circ \pm 1^\circ, c = 0$ |
| Géomembrane/argile saturé | $\phi = 0^\circ, c = 45 \pm 12 \text{ kN/m}^2$ | – |

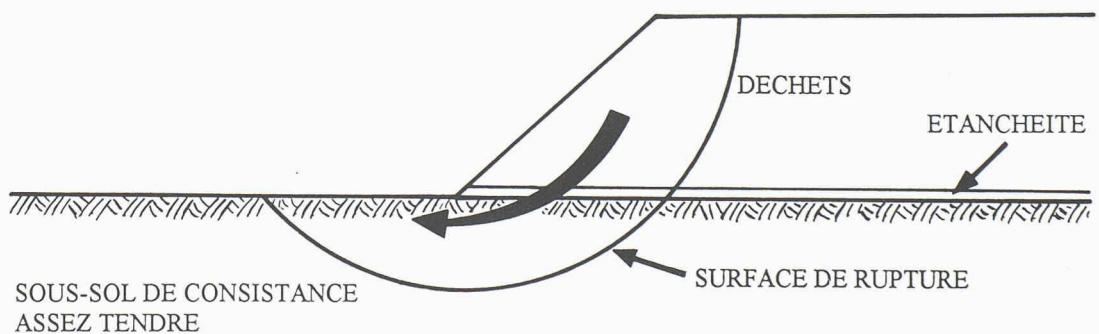
I.



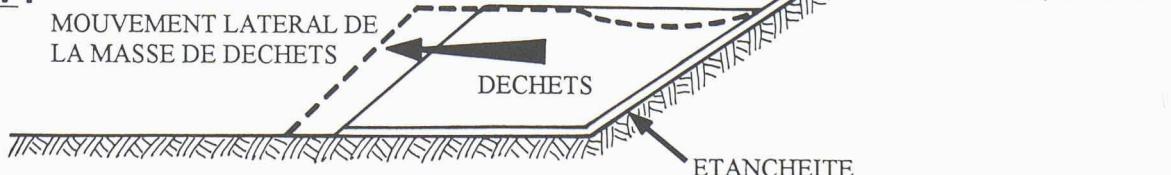
II.



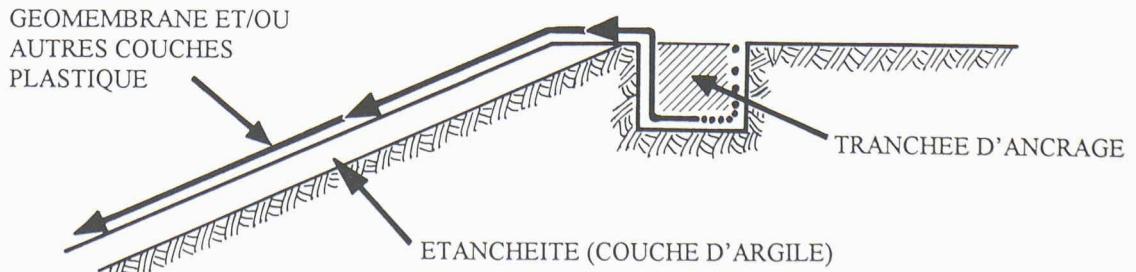
III.



IV.



V.



adopté (lisse ou rugueux), cette interface peut avoir une faible résistance au frottement. Il est donc important d'imaginer les différentes formes de glissements qui peuvent se produire, non seulement dans le sous-sol, mais également au niveau des couches d'étanchéité (glissement en blocs).

Des recherches ont été effectuées à ce propos, aux Etats-Unis notamment, suite à l'instabilité de la décharge de Kettelman Hills (déchets dangereux). Ces études ont démontré que la superposition d'une géomembrane à texture *lisse* sur certains types de matériaux peut engendrer un angle de frottement de l'ordre de 8° seulement, avec une cohésion nulle [1]¹. Un aperçu de ces résultats est indiqué dans le tableau 1.

Depuis, la fabrication de géomembranes à texture *rugueuse* a été développée, permettant aujourd'hui l'utilisation de couches plastiques possédant de bonnes caractéristiques au frottement.

L'utilisation de couches d'étanchéité «mixtes» (argile et plastique) peut donc à présent être considérée comme étant une solution fiable, non seulement

du point de vue étanchéité, mais également du point de vue stabilité. De telles couches «mixtes» ont été utilisées avec succès dans un grand nombre de nouvelles décharges, notamment en Allemagne et aux Etats-Unis.

Compte tenu de ce qui précède, il apparaît qu'une bonne connaissance des caractéristiques des matériaux d'étanchéification est indispensable afin d'assurer la stabilité et l'étanchéité d'une décharge. La sélection des caractéristiques de frottement (cohésion et angle de frottement interne) pour l'analyse de stabilité nécessite, en plus des essais en laboratoire, une connaissance approfondie non seulement de la mécanique des sols (géotechnique), mais également des caractéristiques des déchets, des divers matériaux d'étanchéité (géomembrane, géogrille, géotextile, etc.), et des zones d'interface.

6. Tassements

Après reconnaissance du sous-sol par forages et essais en laboratoire, des calculs de tassements doivent être effectués afin d'assurer le bon fonctionnement du système d'étanchéité, du drainage, et de l'évacuation des eaux de lixiviation. Ces calculs seront inévitables si les ma-

tériaux du sous-sol sont compressibles et si les déchets stockés entraînent une augmentation des contraintes effectives dans le terrain (par exemple si aucun terrassement préalable n'a lieu). Suivant l'intensité des tassements attendus du sous-sol, il s'agira de dimensionner l'inclinaison du fond de la décharge de façon que l'écoulement des eaux par gravité soit garanti.

Les tassements différentiels devront également être estimés pour que les couches d'étanchéité et de drainage ne soient pas soumises à des contraintes qui puissent causer leur rupture, avec comme conséquence évidente une fuite des eaux de lixiviation. La tolérance aux déformations devra, entre autres, être prise en considération lors du dimensionnement des couches.

7. Drainage

Les différents types de collecte et d'évacuation des eaux de lixiviation consistent, pour le fond de la décharge, généralement en tuyaux de captage de plastique fendu, noyés dans un lit de gravaux de perméabilité élevée ($k = 0,01$ cm/sec.), et de drains du type géogrille, utilisés plutôt sur les talus (où, suivant l'inclinaison, une couche de gravaux serait difficile à mettre en

¹Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

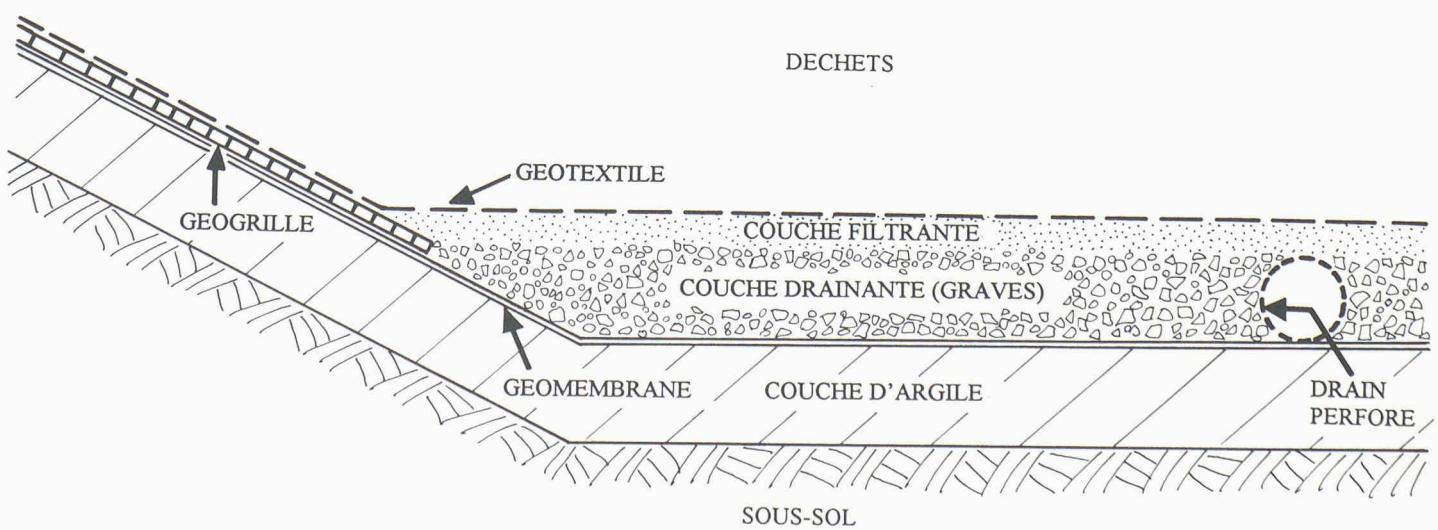


Fig. 2. – Exemple de drainage d'une décharge

œuvre). Des filtres de sable et de géotextile sont également souvent utilisés pour prévenir le colmatage des drains par les particules fines des déchets.

Un exemple de drainage des eaux de lixiviation d'une décharge (avec la variante d'étanchéité B) est illustré par la figure 2 [2]. Ce système se compose de drains de type géogrille sur les talus, et de tuyaux perforés avec une couche de gravier sur le fond. Par ailleurs, il faut savoir que les eaux de lixiviation restant accumulées longtemps sur les couches d'étanchéité peuvent les traverser (certaines substances organiques notamment) par un phénomène de diffusion moléculaire, même en l'absence de perforation ou de chirure. Il s'agira donc de dimensionner le système de drainage de façon à assurer en tout temps l'écoulement des eaux de lixiviation, et même en cas de tassements du sous-sol.

Pour dimensionner le système de drainage, il s'agira, entre autres, d'estimer le débit d'eau de lixiviation en calculant la vitesse d'infiltration des eaux de pluie dans les déchets stockés. Suivant les conditions hydrogéologiques du site, un système de drainage sous l'étanchéité sera également nécessaire. Il aura pour but d'empêcher une mise en pression de la nappe phréatique sous les couches d'étanchéité et une diminution de leur stabilité.

8. Contrôles de qualité

Lors de la mise en place des couches d'étanchéité et du drai-

nage, un programme de contrôle de la qualité doit être mis en œuvre afin d'assurer le bon fonctionnement à long terme de l'équipement antipollution (en particulier du point de vue stabilité et étanchéité). Des tests *in situ* (contrôles au nucléo-densimètre par exemple) ainsi que des essais en laboratoire (limites d'Atterberg, courbes granulométriques, courbes de compactage, coefficients de perméabilité, teneurs en eau, et densités à sec) devront être effectués afin de s'assurer de la bonne qualité des couches. Ces contrôles de qualité seront particulièrement importants pour la variante d'étanchéification A, qui ne consiste qu'en une seule couche d'argile compactée (un seul niveau de sécurité).

Un programme d'assurance de la qualité devrait normalement être établi avant les travaux. Ce document devrait définir les responsabilités de chacun (maître d'ouvrage, ingénieur, et entreprise), contenir le calendrier des séances de chantier, les critères de qualification du personnel, les activités d'inspection, le programme de prélèvement d'échantillons de contrôle et d'essais en laboratoire, les critères d'acceptation pour les essais *in situ* et en laboratoire, et la liste des procès-verbaux nécessaires.

9. Conclusions

Malgré d'importants efforts de recyclage et d'incinération de nos déchets, l'exploitation de décharges contrôlées reste encore un besoin en Suisse, néces-

sitant l'aménagement de nouveaux sites.

L'importance et la complexité des principaux aspects techniques d'aménagement, à savoir l'étanchéité, la stabilité, les tassements, et le drainage, ont été présentés dans cet article. Afin de garantir la sécurité à long terme d'une décharge contre toute atteinte à l'environnement, de bonnes connaissances des matériaux d'étanchéification et de leurs caractéristiques sont nécessaires, en plus des connaissances géotechniques, géologiques, et hydrogéologiques. Des études de stabilité et de tassement devront notamment être effectuées déjà au stade de l'étude d'une nouvelle décharge.

Enfin, un programme de contrôle de la qualité devrait faire partie de tout plan d'aménagement de nouvelles décharges afin d'assurer leur bon fonctionnement. La considération de ces aspects techniques est essentielle afin d'assurer la sécurité à long terme.

Bibliographie

- [1] MITCHELL J.K. AND MITCHELL R.A.: «*Stability of Landfills*», préparé pour la Conferenza di Geotecnica di Torino XV CI-CLO 19-21, novembre 1991, «*La Ingegneria Geotecnica Nella Salvaguardia e Recupero del Territorio*»
- [2] United States Environmental Protection Agency, Seminar Publication: «*Requirements for Hazardous Waste Landfill Design, Construction, and Closure*», EPA/625/4-89/022, August 1989