

Utilisation de géosynthétiques en équivalence de drainage de lixiviats dans les installations de stockage de déchets

Jérémie Mandel ^a, Thierry Gisbert ^b et Odile Oberti ^c

Les géosynthétiques sont de plus en plus utilisés dans les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) pour diverses applications. Les géosynthétiques de drainage, en particulier, sont régulièrement utilisés pour le drainage des eaux pluviales au niveau de la couverture ou celui des lixiviats sur les talus internes. Cependant, il est encore exceptionnel d'utiliser ces produits pour le drainage des lixiviats en fond de casier.

Les enjeux ne sont pourtant pas négligeables puisque l'usage de géosynthétiques permet de :

- réduire l'empreinte écologique de l'ISDND. Comme cela est exposé dans le rapport établi par Gourc et Staub pour les septièmes « Rencontres Géosynthétiques », les géosynthétiques présentent un meilleur bilan que les matériaux granulaires dans cet usage ;

- alléger la pression sur les ressources alluvionnaires. Les ISDND requièrent une quantité considérable de matériaux granulaires utilisés pour le drainage. Ce type de ressource est généralement exploité dans un milieu sensible (lit mineur, aquifère, etc.). De plus, ces matériaux ne sont parfois que peu, voire pas disponibles dans le secteur de l'installation ;

- optimiser le vide de fouille disponible. L'épaisseur réduite des géosynthétiques permet de maximiser le volume de stockage disponible. À titre d'exemple, un gain de 0,50 m d'épaisseur sur une surface de 10 ha permet de gagner un volume total de 50 000 m³, c'est-à-dire de prolonger la

durée de vie du site de un an pour une ISDND de taille modeste ;

- ce gain de vide de fouille se traduit directement en termes de rentabilité de l'installation. Il permet à terme de réduire le coût de traitement des déchets pour la collectivité.

L'exploitation des ISDND en France est encadrée par une réglementation stricte et détaillée. L'article 14 de l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 modifié stipule que la couche de drainage doit être constituée de bas en haut par :

- un réseau de drains permettant l'évacuation des lixiviats vers un collecteur principal ;

- une couche drainante, d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 m, ou tout dispositif équivalent.

La réglementation laisse donc l'opportunité d'utiliser un « dispositif équivalent », sans préciser la nature de ce dernier. L'usage de géosynthétiques est donc implicitement admis sous réserve d'une performance équivalente.

Le Comité français des géosynthétiques (CFG) étudie les caractéristiques des géosynthétiques et leurs usages en vue d'émettre des recommandations. Le fascicule 11, publié en 1994, énonce : « D'une manière générale, l'emploi de géocomposites de drainage ou de sable comme structure de drainage de fond dans un centre de stockage de déchets ménagers n'est pas recommandé ». Cependant, le cd-rom d'accompagnement de ce fascicule, créé en juin 2002, reformule cette recommandation et considère l'usage de géosyn-

Les contacts

a. Arcadis, 17 rue Louis Guérin, 69100 Villeurbanne.

b. Arcadis, 9 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson.

c. Sita Dectra, Chemin des marais, 51370 Saint-Brice-Courcelles.

thétiques pour le drainage des lixiviats en fond de casier : « Une attention particulière devra être portée au risque de colmatage ». La position du CFG sur ce sujet a donc évolué dans le temps et, aujourd'hui, le comité n'est plus opposé à l'usage de drainants géosynthétiques pour le fond de casier d'ISDND, sous réserve que le risque de colmatage soit étudié.

Il n'existe donc plus d'obstacle majeur à la mise en œuvre d'une telle équivalence.

C'est dans ce contexte qu'Arcadis a été sollicitée à ce sujet par Sita Dectra pour son site de Romagne-sous-Montfaucon. C'est l'étude de ce cas qui est présentée ici.

Étude de cas

L'ISDND de Romagne-sous-Montfaucon est située dans la Meuse (55) et gérée par Sita Dectra. Dans le cadre de l'aménagement de nouveaux casiers, Sita Dectra a demandé à Arcadis d'étudier la possibilité de remplacer la couche drainante du fond de casier de 0,5 m d'épaisseur, en graviers siliceux, par un dispositif de drainage par géosynthétiques (DDG) composé d'un géo-espaceur en polyéthylène haute densité (PEHD) accompagné si nécessaire d'une couche de matériaux granulaires siliceux de 0,2 m d'épaisseur.

Le site se trouve dans la Meuse, au droit d'un aquifère crayeux d'extension régionale. L'usage d'un DDG trouverait toute sa signification sur ce site en raison de l'absence de ressource naturelle locale pour la fourniture de graviers siliceux.

Les données dont nous disposons pour le calcul de l'équivalence sont les suivantes :

- pente de fond de casier : 1 % ;
- hauteur maximale de stockage : 19,5 m ;
- poids volumique moyen des déchets : 10 kN/m³ ;
- produit envisagé : Interdrain M4 (NETTEN).

Conception et dimensionnement

La première étape de la conception du DDG en fond de casier a porté sur la compatibilité chimique du produit envisagé. Celui-ci est en l'occurrence un géo-espaceur en PEHD, matériau *a priori* compatible.

Comme énoncé précédemment, l'article 14 de l'AM 97 ouvre la porte à l'utilisation de dispositifs

équivalents. L'article 18 du même arrêté précise néanmoins : « L'ensemble de l'installation de drainage et de collecte des lixiviats est conçu de façon à « limiter la charge hydraulique de préférence à 30 cm, sans toutefois pouvoir excéder l'épaisseur de la couche drainante » mesurée au droit du regard et par rapport à la base du fond du casier et de façon à permettre l'entretien et l'inspection des drains ». Ainsi, un dispositif équivalent de moindre épaisseur devra limiter la charge hydraulique à 0,3 m ou à l'épaisseur du DDG, le cas le plus pénalisant étant retenu.

La performance d'un dispositif de drainage est mesurée par sa capacité de débit dans le plan. La capacité de débit d'un dispositif de drainage est fonction de la charge hydraulique appliquée au dispositif. L'article 18 induit donc que si le DDG équivalent est d'épaisseur inférieure à la couche granulaire qu'il remplace, il doit assurer que la charge hydraulique maximale ne dépasse pas son épaisseur. L'équivalence ne doit donc pas être calculée seulement sur la capacité de débit du DDG mais également sur la charge maximale, toutes choses égales par ailleurs.

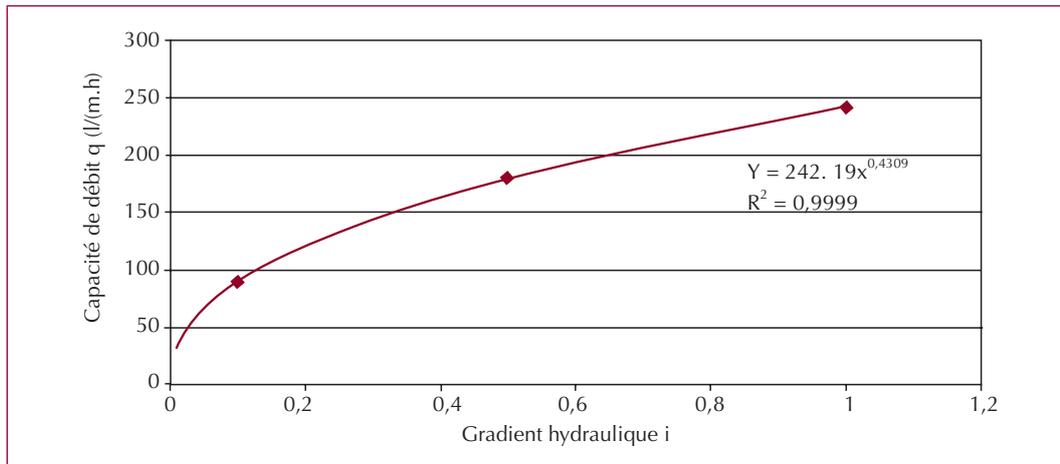
La capacité de débit q est fonction du gradient hydraulique i . Elle n'est pas reliée au débit par une relation linéaire comme la transmissivité ; les lois applicables aux milieux granulaires (Darcy, Dupuit, etc.) ne sont donc pas directement applicables à ce type de produit. La courbe présentée sur la figure 1 a été tracée à partir des données transmises par le fournisseur du géo-espaceur et en ajoutant une valeur nulle pour un gradient nul. Cette courbe est valable pour une contrainte de 200 kPa, ce qui correspond à une hauteur de déchets de 20 m au dessus du fond de casier (cas le plus pénalisant à Romagne).

Le dimensionnement du géosynthétique de drainage peut être effectué en comparant les capacités de débit de chacun des dispositifs, pour leurs charges maximales admissibles respectives.

La méthodologie retenue s'appuie sur les hypothèses suivantes :

- la charge maximale autorisée est de 0,30 m pour le massif granulaire et de l'épaisseur du dispositif pour le DDG ;

– Giroud, Zhao et Bonaparte (2000) ont montré dans leur publication qu'un coefficient de correction devait être appliqué sur la transmissivité du géosynthétique pour être en mesure de la comparer à celle d'un massif granulaire. Ce



◀ Figure 1 – Relation entre capacité de débit et gradient hydraulique.

coefficient tient compte du fait que les géosynthétiques ne sont pas granulaires et que les lois générales (Darcy, etc.) ne peuvent strictement s'y appliquer. Pour la configuration type retenue pour les calculs (casier de 2 500 m², distance maximale au drain = 25 m, pente de fond de 1 %, épaisseur du massif granulaire référence = 0,3 m), le facteur d'équivalence est de 2,71. Ainsi, la transmissivité du DDG devra être divisée par 2,71 pour être comparable à celle du massif granulaire.

Le calcul montre que, selon la méthode décrite plus haut, le géosynthétique seul n'est pas suffisamment performant pour limiter la charge à 4 mm.

La transmissivité du géosynthétique est nettement supérieure à celle du massif granulaire. Cependant, l'épaisseur du dispositif de drainage, et donc la charge maximale autorisée dans chacun des cas, varient.

Or, la loi de Darcy (équation 1) montre que la charge maximale est inversement proportionnelle à la transmissivité. Ainsi, le géosynthétique doit présenter une transmissivité supérieure ou égale au produit de celle du massif granulaire par le rapport des épaisseurs de chacun des dispositifs comparés (équation 2).

Équation 1

Loi de Darcy en régime permanent, dans le cas d'un débit uniforme et d'un exutoire à charge nulle :

$$Q = S.T.h/L$$

Ainsi, lorsque Q, S et L sont fixés :

$$T = A \times (1/h)$$

$$\text{avec } A = Q.L/S = \text{cte}$$

	Massif granulaire	Géosynthétique	Géosynthétique + 0,20 m graviers
Capacité de débit q	1,08 l/(h.m)	33,3 l/(h.m)	(33,3 + 0,72) l/(h.m)
Transmissivité brute	$3.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$	$92,5.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$	$(92,5 + 2).10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
Transmissivité corrigée	$3.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$	$34,13.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$	$36,13.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Équation 2

$$T_{\text{geo}} \geq h_{\text{gran}}/h_{\text{geo}} \times T_{\text{gran}}$$

Pour limiter la charge à 4 mm au lieu de 0,3 m (équation 3), il faut donc que la transmissivité du géosynthétique soit 75 fois supérieure à celle du massif granulaire, toutes choses égales par ailleurs. Cette condition n'est pas respectée.

Équation 3 (d'après l'équation 2)

$$T_{\text{geo}} \geq 0,3/0,004 \times T_{\text{gran}}$$

$$\text{soit } T_{\text{geo}} \geq 75 \times T_{\text{gran}}$$

L'ajout de 0,20 m de graviers porte l'épaisseur totale du dispositif de drainage à 0,204 m. Dans ce cas, il faut que la transmissivité du DDG soit au moins 1,47 fois supérieure à celle du massif granulaire (équation 4). Cette condition est respectée : le DDG équivalent proposé est 12 fois plus performant que le dispositif classique (équation 5) ; le dispositif proposé est donc équivalent au massif granulaire préconisé par la réglementation. Les recommandations du CFG pour l'usage de géosynthétiques appliqués au drainage de

▲ Tableau 1 – Transmissivité des solutions étudiées

lixiviats sont également respectées : même si le géosynthétique est colmaté à 90 %, le DDG reste plus performant que le massif granulaire.

Équation 4

$$T_{\text{geo}} \geq 0,3/0,204 \times T_{\text{gran}}$$

$$\text{soit } T_{\text{geo}} \geq 1,47 \times T_{\text{gran}}$$

Équation 5

$$TDDG/T_{\text{gran}} = 34,13 \cdot 10^{-5}/3 \cdot 10^{-5} = 12,04$$

Ce dispositif de drainage permettra donc de limiter la charge à une hauteur maximale de 0,204 m, soit l'épaisseur du DDG, ce qui est conforme aux exigences réglementaires.

Difficultés rencontrées

Les principales difficultés rencontrées sont liées à la nature des produits géosynthétiques. Cette nature n'est pas granulaire et dans ces conditions, les lois hydrauliques habituellement utilisées ne peuvent pas être directement appliquées. La variation de la charge maximale admissible complique encore la définition claire d'une équivalence.

Les fiches techniques des produits dont nous disposons (fournies par les producteurs) présentent des résultats mesurés entre une plaque rigide et une plaque de mousse (essai plaque-mousse réalisé selon la norme EN ISO 12958-1999). Ce type d'essai – qui n'est représentatif que dans le cas où le géo-espaceur repose directement sur la géomembrane – fournit des résultats de capacité de débit près de dix fois supérieurs à ceux obtenus par des essais entre deux plaques de mousse (essai mousse-mousse réalisé selon la norme EN ISO 12958-1999). Nous avons donc contacté le

fabricant pour obtenir des essais mousse-mousse, qui seront représentatifs des cas les plus pénalisants. Ce type d'essai ne tient néanmoins pas compte du fluage en compression du géosynthétique, qui induit une diminution de son épaisseur et donc de sa transmissivité dans le temps. Cette variation devra être prise en compte à travers un facteur de sécurité (non déterminé ici).

Nous nous sommes attachés à proposer une solution réaliste, sécuritaire et reproductible restant simple à appliquer, de manière à répondre aux besoins des bureaux d'études et des professionnels du traitement de déchets.

Discussion

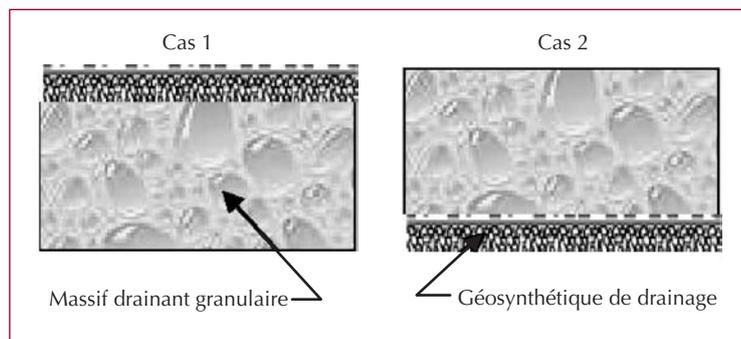
L'évolution de la position du CFG entre 1994 et 2002 témoigne d'une confiance croissante dans la capacité de ces produits à remplacer les matériaux granulaires. Cette confiance semble directement liée à une connaissance de plus en plus pointue des géosynthétiques ainsi qu'aux retours d'expériences positifs qui sont rapportés.

Comme évoqué dans l'introduction, l'un des facteurs clés freinant l'usage de géosynthétiques de drainage en fond de casier est lié à la considération de ces matériaux par la profession. Les inspections des installations classées ne sont pas encore habituées à voir ce genre d'usage et sont parfois réticentes, tandis que certains étancheurs peuvent se montrer trop confiants dans les capacités des produits de drainage géosynthétiques.

Le colmatage des produits est souvent considéré comme un risque majeur qu'il est aujourd'hui difficile d'accepter, malgré les importants facteurs de sécurité considérés. Le colmatage minéral d'un produit de 4 mm d'épaisseur peut en effet être très rapide si des particules fines sédimentent. L'adjonction d'un géotextile filtrant au toit du dispositif de drainage des lixiviats fait toujours débat parmi les experts, en raison d'un risque accru de colmatage biologique du géotextile de filtration. Si un tel géotextile est utilisé, son ouverture de filtration doit être la plus importante possible (> 200 µm, selon les règles de l'art communément appliquées). Le massif drainant granulaire joint au géosynthétique peut partiellement jouer le rôle de filtre. La position du géosynthétique est donc déterminante : deux conceptions sont ainsi proposées (figure 2).

Chaque conception possède des avantages et inconvénients. Le système retenu doit être adapté

▼ Figure 2 – Propositions de conception.



à la configuration du site. Quelques recommandations de conception (figure 2) sont proposées ci-après :

- le cas 1 est préférable à utiliser lorsqu'un important risque de colmatage minéral est identifié (sédimentation de fines). Le géo-espaceur ne peut pas être placé à la base du dispositif sous peine de se voir colmaté. Il pourrait donc être placé au toit du DDG. Cependant, la capacité drainante du produit s'en trouve diminuée (contact non plan en sous face, simulé par les essais mousse-mousse) et le géo-espaceur n'est finalement sollicité que lorsque la composante granulaire du DDG est insuffisante. Il est ainsi soumis à des cycles de submersion/dénoyage qui sont propices au colmatage biologique ;
- le cas 2 peut être adopté si le risque de colmatage minéral par sédimentation de fines est minimal (géotextile filtrant et dimensionné au toit du dispositif ou juste au dessus du géo-espaceur ou autre raison à argumenter). Le positionnement du géo-espaceur en fond de casier sera alors préféré : la capacité drainante associée sera maximale si le géosynthétique est positionné directement sur une géomembrane peu déformable. De plus, le géo-espaceur restera immergé la majeure partie du temps, ce qui limite le colmatage biologique.

Conclusion

Le dispositif proposé composé d'un géosynthétique drainant et de 20 cm de graviers siliceux roulés est équivalent au dispositif préconisé par la réglementation en terme de performance. Il est douze fois plus performant que le massif granulaire de 50 cm d'épaisseur, ce qui est conforme aux recommandations du CFG, et permettra de limiter la hauteur maximale de lixiviats dans le casier à une valeur inférieure à l'épaisseur du DDG. Compte tenu de l'épaisseur modérée de déchets (< 20 m) surmontant la couche de drainage, le fluage en compression restera modeste et ne devrait pas compromettre l'efficacité du dispositif.

Pour le site de Romagne, le placement du géosynthétique sous le massif drainant granulaire (cas 2) est préférable en raison de la présence d'une géomembrane en PEHD. La performance du dispositif équivalent sera ainsi maximisée et le massif granulaire présent au-dessus du géosynthétique permettra de filtrer les particules fines qui sédimentent. Le colmatage biologique sera quant à lui limité car le géosynthétique sera noyé la plupart du temps. □

Résumé

Compte tenu des bonnes performances des géosynthétiques de drainage, il semble intéressant d'utiliser ces produits pour remplacer tout ou partie du massif drainant généralement utilisé en fond de casier d'installations de stockage de déchets. Le calcul montre que le remplacement d'une couche granulaire de 0,50 m par un géosynthétique de drainage n'est pas toujours aussi aisé qu'il y paraît : la charge maximale réglementairement acceptable diminue avec l'épaisseur du dispositif équivalent considéré, ce qui limite sa capacité de débit. Arcadis et Sita Dectra présentent ici une étude de cas sur le site de Romagne-sous-Montfaucon pour lequel un dispositif hybride (massif granulaire + géosynthétique) a été préconisé.

Abstract

Given the good performance of geosynthetic material for drainage, it seems interesting to use these products to replace part or all of the drainage layer commonly used in landfill cells (silicate materials). The calculation showed that the replacement of a granular layer of 0.50 m by a drainage geosynthetic product is not always as easy as it seems : the maximum water head legally acceptable decreases with the thickness of the studied equivalent solution, which limits its ability to flow. ARCADIS and SITA DECTRA present here a case study on the Romagne-sous-Montfaucon landfill site for which a hybrid (solid granular + geosynthetic) was called.

Bibliographie

CFG, Fascicule n° 11 et CD Rom associé : « Recommandations pour l'utilisation des matériaux géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets », 1994, révision en 2002.

ADEME, BRGM, 2001, *Guide pour le dimensionnement et la mise en œuvre des couvertures de sites de stockage de déchets ménagers et assimilés*.

GIROUD, J.-P., HOULIHAN, M.-F., 1995, Design of leachate collection layers, *in : Proceedings of the Fifth International Landfill Symposium, Sardinia, Italy, October 1995*, vol. 2, p. 613-640.

GIROUD, J.-P., ZHAO, A., BONAPARTE, R., 2000, The myth of hydraulic transmissivity equivalency between geosynthetic and granular liquid collection layers, *in : Geosynthetics International, Special Issue on Liquid Collection Systems*, vol. 7, nos 4-6, p. 381-401.

<http://www.landfilldesign.com/>

Norme EN ISO 12958-1999 relative à la détermination de la capacité de débit dans le plan appliquée aux géosynthétiques.