

PERFORMANCE TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE DE LA COUVERTURE DE L'ISDND DE SAINT-BRÈS, 4 ANS APRÈS SA RÉALISATION

SAINT-BRÈS LANDFILL GEOSYNTHETIC COVER: TECHNICAL PERFORMANCE AND ECONOMICAL ANALYSIS FOUR YEARS AFTER ITS COMPLETION

Thierry GISBERT¹, Céline GIULIANI², Carole BLOQUET³, Tony LAURENT⁴

¹ ARCADIS, Le Plessis Robinson, France

² ARCADIS, Marseille, France

³ SITA France DTEI, Paris, France

⁴ SITA Sud, Narbonne, France

RÉSUMÉ – Afin de réduire la production de lixiviats sur le CSDMA de Saint-Brès (Sud de la France), un système de couverture et de drainage a été installé en 2008, d'après un projet établi en 2004. La configuration du site a conduit à retenir un géocomposite remplissant en un seul produit les fonctions de drainage et d'étanchéité, associé à une géogrille de retenue des terres pour augmenter la stabilité du dispositif. Notre objectif est d'analyser, après près de quatre ans, l'efficacité et le retour sur investissement du projet. Quatre ans après, malgré quelques désordres locaux, la baisse attendue de production de lixiviats, liée à la performance de la solution «géosynthétique» s'avère meilleure que l'hypothèse la plus optimiste imaginée en 2004 (division par quatre de la production). Le temps de retour sur investissement (TRI) estimé initialement s'avère similaire au TRI réel et confirme la pertinence de ce type d'approche.

Mots-clés : lixiviats, drainage, couverture, temps de retour sur investissement.

ABSTRACT – In order to reduce the leachate generation on the Saint-Brès Landfill (South of France) a capping system has been installed in 2008 after the initial design in 2004. Due to the site specificity, a single geosynthetic product for drainage and watertightness have been selected and associated with a geogrid in order to maintain soil stability. Our purpose is to analyze, after nearly 4 years, both the efficiency and the return on investment of the project. Although we were faced with some localized disorders, the diminution of the leachate generation is better than the most optimistic hypothesis. The geosynthetic solution behaves as well as it was designed. The return on investment appears today on track with the forecasted budget and therefore confirms the interest of such approach.

Keywords: landfill cap, capital expenditure, return on investment, leachate management

1. Présentation du site

L'installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND) de St Brès a été exploitée depuis les années 1980 jusqu'en 2008. Elle recevait les déchets ménagers de la région.

Le site s'étend sur une surface de 4,2 hectares. Il se situe dans le Gard, région soumise à des pluies cévenoles réputées pour leur forte intensité sur des durées courtes. Ces conditions ont conduit l'exploitant à retenir en fin d'exploitation une couverture adaptée permettant de limiter les infiltrations des eaux de pluies dans les déchets et, de fait, de minimiser la production de lixiviats.

Suite au diagnostic de 2004, faisant état d'une production anormalement excessive de lixiviats, le choix d'une couverture imperméable a été fait ainsi que la réalisation de travaux de drainage des eaux de subsurface en interférence avec le massif de déchets.

2. Le diagnostic de 2004

2.1 État des lieux

En 2004, la production annuelle de lixiviats constatée est supérieure à 20 000 m³, pour une surface concernée d'environ 4 hectares et une pluviométrie annuelle de près d'un mètre (valeur moyenne annuelle mesurée en 30 ans = 1100 mm). Cette production observée est deux à trois fois supérieure à la quantité attendue sur un tel site (le ratio classiquement retenu est de pluie/3 à pluie/6, soit un maximum annuel attendu de 7 700 à 15 000 m³, selon la nature de la couverture).

Les principales causes de cette surproduction, telles qu'identifiées en 2004, sont les suivantes (tableau 1):

- La zone en exploitation est trop grande (6 500 m² environ), permettant l'infiltration de près de 60% des eaux de pluie. La surproduction de lixiviats liée à la cette surface ouverte est estimée à 1 500 m³/an.
- La couverture qui a été mise en œuvre antérieurement est, en 2004, constituée d'un géosynthétique bentonitique (GSB) sodique recouvert de terre contenant des blocs de calcaire et posé sur un support mal réglé. Ainsi avec le temps, comme cela a été démontré (Pirron, 2011), le GSB a perdu toute son efficacité par migration de la bentonite et son coefficient de perméabilité est devenu inférieur 10⁻⁷ m/s. Il est également probable que le GSB sodique se soit plus rapidement altéré qu'un GSB calcique en raison du contexte calcaire du site. La surproduction de lixiviats liée à la couverture défaillante est estimée, en 2004, entre 3 000 et 6 500 m³/an.
- Plusieurs zones d'arrivées d'eau de subsurface non captée sont observées au nord et à l'ouest du site. Les plus actives sont localisées sur la bordure ouest du site et notamment dans sa partie basse. Elles contribuent à alimenter en eau le massif de déchets. La surproduction liée à ce phénomène est estimée en 2004 à environ 5 000 m³/an.
- Des arrivées d'eau souterraine dans la zone de l'ancien thalweg ont été identifiées. Bien que pouvant contribuer à l'apport d'eau au sein du massif de déchet, elles ne devraient pas représenter une contribution majeure puisque les lixiviats analysés au cœur du C.E.T. ne sont pas très dilués.

Tableau 1. Causes principales identifiées en 2004 et surproduction de lixiviats associée

Nom de la zone et cause identifiée	Surproduction estimée en m ³	Actions à engager
Zone en exploitation	1 500 m ³ /an	Diminuer sa surface
Couverture défectueuse sur l'ensemble du site	3 000 à 6 500 m ³ /an	Refaire la couverture
Zone Ouest : arrivée d'eau de subsurface dans les conglomérats	5 000 m ³ /an	Tranchée drainante
Zone Nord arrivée d'eau de subsurface dans les conglomérats	Faible	Tranchée drainante
Zone basse : infiltrations	Faible	Refaire la couverture
Zone Thalweg profonde : arrivée d'eau souterraine	Considéré comme faible, (difficile à estimer)	Pas d'action identifiée
Ensemble des zones	10 000 à 15 000 au minimum	À définir

Suite à ces constats, il est décidé, en 2004, de diminuer les entrées d'eaux parasites et donc la surproduction de lixiviats de près de 10 000 m³ par an en travaillant sur la surface en exploitation, la couverture du site et le drainage des eaux de subsurface en bordure ouest du site.

2.2 Analyse technico-économique des solutions de traitement envisagées en 2004

2.2.1 Actions envisageables sur la couverture du site ; faisabilité économique

En 2004 le coût de la reprise de la couverture, ainsi que son bénéfice attendu en termes de diminution des coûts de traitement des lixiviats ont été estimés, ainsi que les temps de retour sur investissement (TRI) correspondants.

La couverture envisagée a été la suivante, de haut en bas :

- terre végétale,
- géocomposite de drainage associé à un film étanche (épaisseur 8/10 mm),
- géotextile de protection.

Les gains attendus sont les « non coûts » de traitement des lixiviats, estimés selon une hypothèse pessimiste et une optimiste, et pour un coût de traitement de 35 €/m³ à :

- 3 000 m³/an, soit une économie de 105 000 €/an pour l'hypothèse « pessimiste »,
- 6 500 m³/an, soit une économie de 227 500 €/an pour l'hypothèse « optimiste ».

L'étude de 2004 conduit à la synthèse suivante en termes de gain et TRI : tableau 2, estimé pour une surface à reprendre de 3,6 ha.

Tableau 2. Gain et TRI estimé en 2004

	Hypothèse « pessimiste »	Hypothèse « optimiste »
Coût et gain estimés	Coût : 602 000 € Gain : 105 000 €/an	Coût : 602 000 € Gain : 227 500 €/an
TRI associé	5,8 ans	2,7 ans

2.2.2 Actions envisageables sur la bordure ouest du site : tranchée drainante

En bordure ouest du site, siège d'arrivées d'eaux assez superficielles, il a été envisagé une tranchée drainante pour capter une partie de ces eaux de subsurface.

Selon l'analyse de 2004, si la tranchée drainante permet l'économie annuelle de plus de 2 000 m³ de lixiviats, le temps de retour sur l'investissement correspondant sera inférieur à 3 ans pour un montant de travaux estimé de 222 k€ HT.

3. Description des travaux réalisés

3.1. Drainage des eaux de subsurface et souterraines

L'objectif du dispositif de drainage des eaux de subsurface est d'intercepter les venues d'eau en périphérie du site et de les drainer gravitairement afin de les rejeter directement à l'aval du site.

La tranche ferme des travaux de forages a consisté en la réalisation de 8 drains latéraux (PVC crépiné 80/90 mm) disposés à la périphérie du massif de déchets, principalement en partie amont du site.

Les travaux se sont déroulés entre novembre 2006 et janvier 2007.

3.2. Reprise de la couverture

À la fin de l'exploitation en 2008, les travaux de couverture du site ont consisté en la mise en œuvre d'une couverture étanche sur l'ensemble du site, soit une surface supérieure à la surface initialement envisagée.

Ce dispositif a été associé à un système de drainage et de collecte des eaux de ruissellement, permettant de limiter une sollicitation trop importante en termes de débit de l'âme drainante du géocomposite d'étanchéité et de drainage.

3.2.1. Structure de la couverture

Compte tenu des pentes rencontrées, de l'accès difficile au site et d'une moindre performance attendue, l'imperméabilisation et le drainage en solution traditionnelle (argile et matériaux granulaires) n'étaient pas envisageables. En effet, la géométrie finale du site présente une succession de risbermes et de talus dont les plus défavorables peuvent atteindre 14 m de rampant avec une pente de 3H/2V.

Comme l'illustre la figure 1, la couverture retenue est composée de haut en bas par :

- une couche de matériaux du site sur une épaisseur de 0,3 m minimum,
- une géogridde de retenue des terres,
- un géocomposite de filtration, drainage et imperméabilisation,
- un géotextile antipoinçonnant non tissé aiguilleté,
- la couche de pose en matériaux semi-perméable.

Le choix d'un géocomposite regroupant en un seul produit les fonctions de filtration, drainage et étanchéité a été retenu afin de limiter le nombre de produits à mettre en œuvre et d'augmenter la stabilité du complexe constituant la couverture finale.

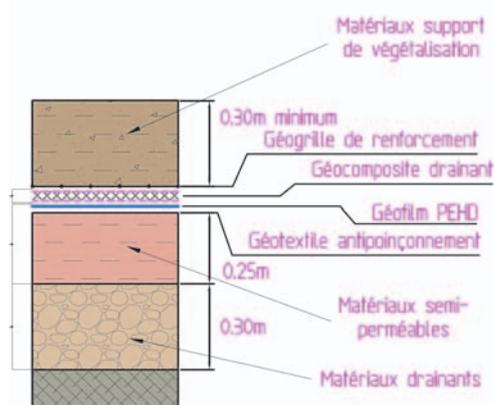


Figure 1: Coupe type de la couverture mise en œuvre

Il s'agit d'un géocomposite de type Drintube FT/PE, constitué de haut en bas de :

- une nappe filtrante en géotextile polypropylène non-tissé aiguilleté,
- des mini-drains annelés en polypropylène perforés selon deux axes alternés à 90° et placés tous les mètres de largeur du produit*,
- une nappe drainante en géotextile polypropylène non-tissé aiguilleté,
- un film polyéthylène d'épaisseur 8/10 mm, texturé en sous face.

Les différentes nappes du géocomposite sont associées entre elles par aiguilletage pour conserver leurs caractéristiques hydrauliques et mécaniques. Chaque rouleau a une largeur de 4 m. Le géocomposite est présenté sur la figure 2.



Figure 2. Description du géocomposite de drainage et d'étanchéité

La géogridde de retenue des terres (structure à maille carré de 34 mm de côté en polyester de résistance à la traction de 80 kN/m dans le sens longitudinal) ainsi que le géocomposite ont fait l'objet d'un dimensionnement hydraulique et mécanique (Fourmont et al, 2009) qui a permis d'optimiser au maximum le complexe retenu.

3.2.2. Gestion des eaux de ruissellement

De manière à éviter une sollicitation trop importante en termes de débit de l'âme drainante du complexe géosynthétique d'étanchéité et de drainage, des drains longitudinaux ont été mis en place au niveau des risbermes. Pour cela, les risbermes ont été terrassées de manière à présenter une contrepente transversale de 2% minimum et une pente longitudinale de 1,5 % au minimum. Ces pentes permettent par ailleurs de limiter le ravinement sur les talus.

Le système mis en place comprend ainsi un drain positionné en pied de chaque talus et un autre à mi-pente du dôme sommital (Figure 3).

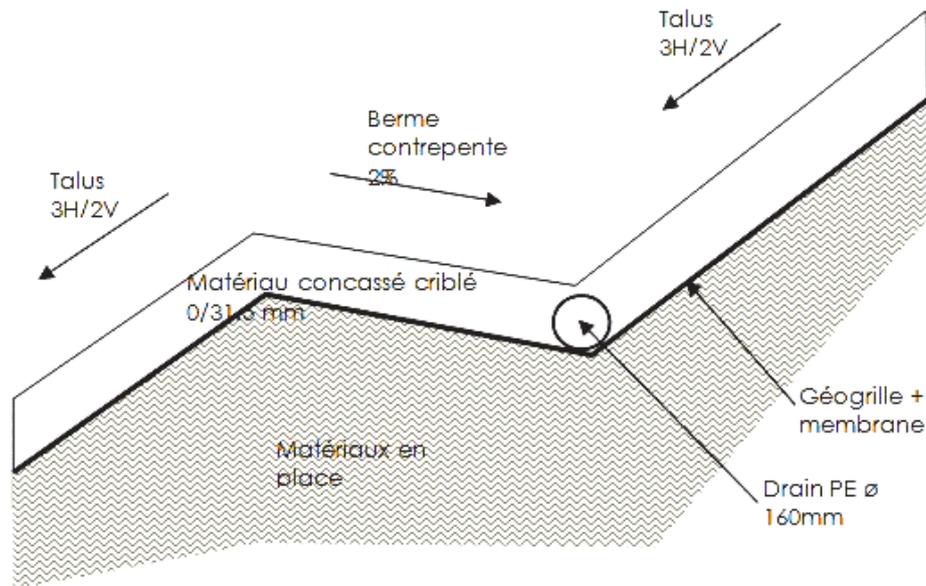


Figure 3 : Schéma de principe des drains de collecte mis en place sur les risbermes

Les drains et cunettes sont raccordés à des collecteurs latéraux de fossés bétonnés et des descentes d'eau assurant l'évacuation des eaux drainées.

3.2.3. Déroulement des travaux

L'exploitation du site a cessé le 18 mai 2008.

Les travaux de reprise et de finalisation de la couverture se sont déroulés en 2 phases entre la fin 2007 et le dernier trimestre 2008 (Fourmont et al., 2009).

4. Retour d'expérience sur les travaux engagés

4.1. Désordres observés en 2010 et travaux de réparation

Fin 2010, des dégradations localisées, dus au ruissellement des eaux ont pu être constatés. Comme l'illustre la figure 4, les principaux désordres observés sur site sont des ravinements localisés, des phénomènes d'érosion superficielle sur certains secteurs, la casse localisée sur des ouvrages de descente d'eau, le colmatage de certains drains et des apports de matériaux conséquents du fait des désordres précédents.

De manière générale, les désordres observés sont localisés et ne mettent pas en évidence un dysfonctionnement général des aménagements réalisés au niveau de la couverture, mais sont le fruit de l'évolution du site du fait des matériaux sous-jacents présents (déchets) et du contexte climatique de régime méditerranéen du secteur.

4.1.1. Les origines supposées des désordres observés

D'une manière générale, les causes identifiées des désordres sont les suivantes :

- pour les zones de ravinement : absence de descente d'eau dans certaines zones de concentration d'eau, colmatage localisé du réseau, contre pente due à des tassements différentiels et colmatage en aval qui ont conduit les eaux de ruissellement hors des descentes d'eau prévues à cet effet ;
- pour l'érosion de surface : tassements différentiels modifiant les pentes et végétalisation difficile des terres de couverture (climat, matériaux pauvres en terre végétale) ;
- pour le colmatage des drains : absence de massif drainant autour des drains, accumulation d'eau en aval, contre pente générée par tassement différentiel, sous dimensionnement localisé par rapport au bassin versant, manque d'entretien au niveau des descentes d'eau et pièges à sédiment ;
- pour la casse : tassement différentiel, fluage des déchets, usure dans le temps, manque d'entretien localisé.

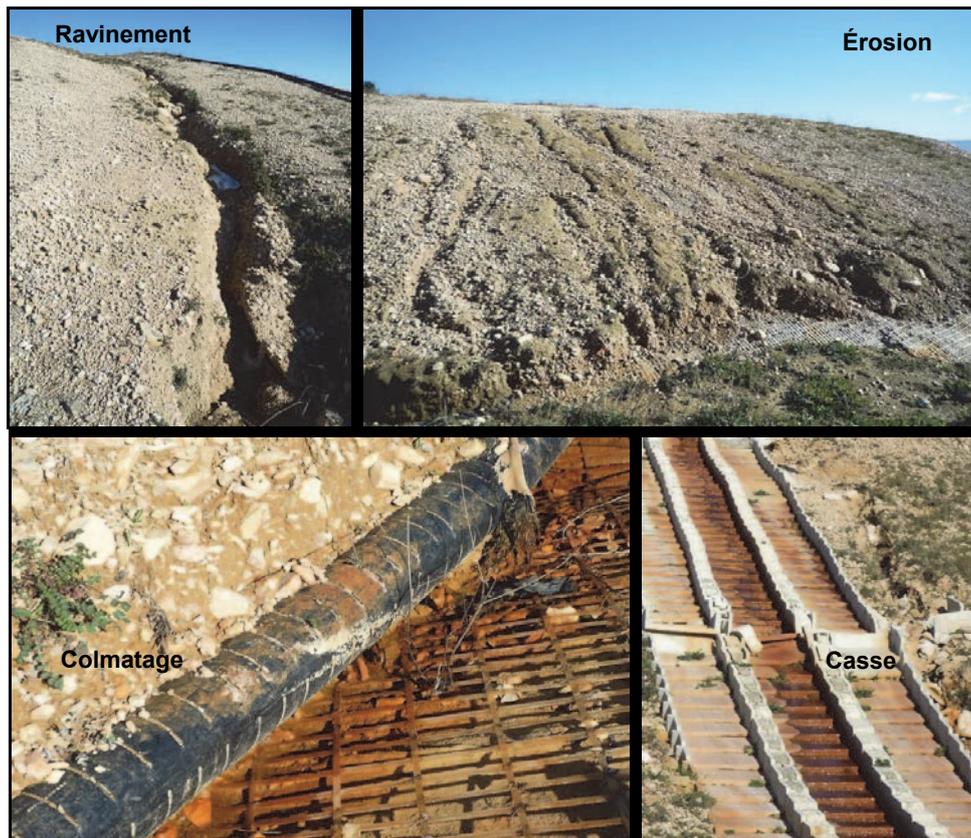


Figure 4. Illustration des désordres observés sur site le 19/11/2010

4.1.2. Les travaux de réparation engagés

Fin 2011, sur la base de ces constats, des travaux de réparation ont été engagés sur les zones les plus fragiles identifiées à l'issue du diagnostic. Ils ont compris notamment :

- sur les zones les plus ravinées et les plus raides du dôme, la mise en œuvre d'un masque en petits enrochements,
- la reprise de certains drains longitudinaux par des tranchées drainantes de faible profondeur, avec, pour certains, ajout en fond d'une géomembrane (PEHD d'épaisseur 2 mm),
- la réparation de la descente d'eau située à l'est et la reprise de ses entonnements, y compris raccord avec les drains,
- le curage des pièges à sédiments,
- la reprise en béton de la piste entre le pied de la descente d'eau et le bassin d'eau pluviale, afin qu'elle fasse office de fossé « étanche ».

Les figures 5 et 6 illustrent ces travaux.



Figure 5. Illustration des travaux de réparation réalisés en décembre 2011 (partie haute)



Figure 6. Illustration des travaux de réparation réalisés en décembre 2011 (partie basse)

4.2. Performance constatée

4.2.1. Analyse quantitative

La quantité de lixiviats collectés est mesurée régulièrement sur le site. Elle est étroitement liée à la pluviométrie, elle-même estimée à partir des données fournies par Météo France sur une station proche du site.

Les résultats des mesures effectuées depuis 2003 sont présentés dans le tableau 3 et sur la figure 7. Les notations suivantes sont utilisées :

- L : le volume de lixiviats collectés annuellement, volume réel mesuré (m^3/an),
- P : le volume total de pluie tombée sur l'année au droit du site, volume extrapolé à partir des données de pluie rapportées à la surface du site de 4,2 ha (S) :
 $P = \text{Pluie (pluie annuelle mesurée sur la station la plus proche)} \times S$
- L/P : le pourcentage de lixiviats collectés par rapport à la pluie annuelle observée,
- L' : Volume de lixiviats collectés annuellement « théorique » (m^3/an) c'est-à-dire recalculé sur la base de la pluie moyenne annuelle mesurée sur 30 ans ($p_{30ans}=1100 \text{ mm}$) :
 $L' = L/P \times 42\,000 \text{ m}^2 \times 1,1\text{m}$.

Ce paramètre permet d'estimer le volume de lixiviats « non produit » (tableau 4) en s'affranchissant des différences liées à la seule variabilité de la pluviométrie d'une année sur l'autre.

Tableau 3. Volume de lixiviats collectés entre 2003 et 2012

Année	2003	2004	2005 (*)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 (*)
L (m ³)	16 353	14 954	?	18 141	9 362	13 765	2 893	6 146	4 121	1 105
Pluie (mm)	1 070	857	?	1 036	598	1 330	963	1 091	777	297
P (m ³)	44 940	35 994	?	43 512	25 116	55 860	40 446	45 822	32 634	12 474
L/P (%)	36%	42%	42% (*)	42%	37%	25%	7%	13%	13%	9%
L' (m ³)	16 811	19 194	19 404 (*)	19 262	17 221	11 385	3 305	6 197	5 834	4 093

(*) Les données de 2005 précises manquent, la valeur L/P = 42 % a été extrapolée à partir des résultats des années 2004 et 2006 pour faciliter la lecture des graphiques. Les valeurs de 2012 correspondent uniquement au 1^{er} semestre et ont été extrapolées pour l'année entière.

La figure 7 représente l'évolution au cours du temps du rapport L/P.

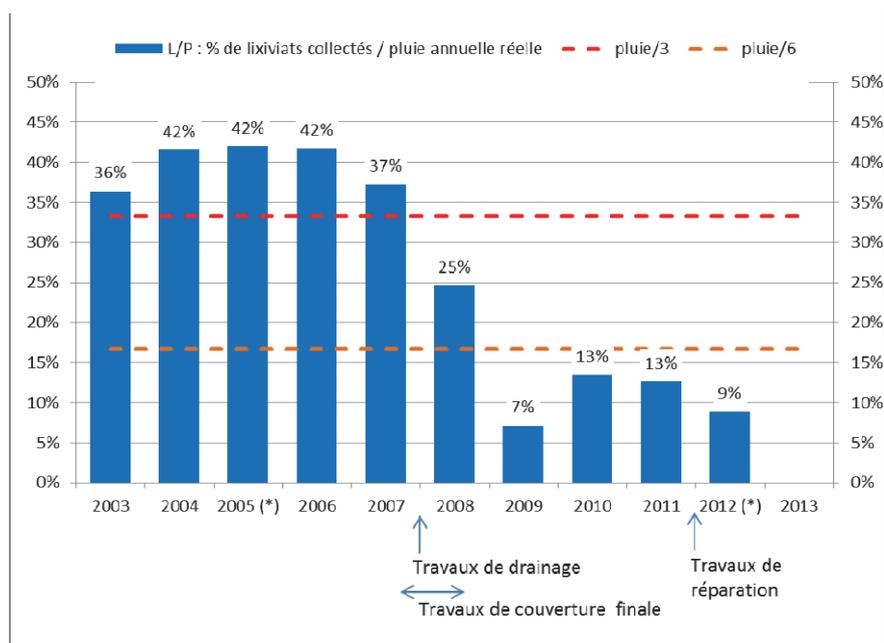


Figure 7. Évolution de la production de lixiviats mesurées entre 2003 et 2012

On note que les travaux de drainage et le début des travaux de couverture finale, ont permis une diminution de la production de lixiviats de l'ordre de 12% (équivalent à environ 5 800 m³) entre 2007 et 2008. En 2009, soit moins d'un an après la fermeture du site, le volume de lixiviats collectés évolue de 17 000-19 000 m³/an à environ 3 300 m³ (production divisée par 5). En 2010 et 2011, on note une légère augmentation de la production à mettre vraisemblablement en relation avec les dégradations locales observées (§4.1). Les premières mesures de 2012, postérieures aux travaux de réparation de ces « petits » désordres sont encourageantes.

Si l'on considère que les quantités généralement attendues pour ce genre de site sont comprises entre pluie/3 et pluie/6, les travaux engagés ont largement rempli leurs objectifs. En effet, depuis la fermeture du site en 2008 et malgré quelques désordres locaux, les travaux de couverture et de

drainage ont permis de diviser par quatre la production observée avant fermeture et de conduire à une production inférieure à la valeur minimale généralement considérée, correspondant à pluie/6.

4.2.2. Comparaison du TRI réel et du TRI attendu en 2004

Le TRI estimé en 2004 se situait entre 3 et 6 ans. C'est sur cette base que la décision d'investir dans une nouvelle couverture a été prise, pour une surface estimée initialement à 3,6 ha.

Il nous a paru intéressant de recalculer, hors frais financiers, ce TRI, plusieurs années après la prise de décision de l'investissement, afin d'apporter un éclairage sur la décision initiale et d'orienter le choix des futurs décideurs sur la pertinence de travaux de ce type.

Les hypothèses utilisées se basent sur une pluie moyenne annuelle « théorique » de 1100 mm / an puisque c'est sur cette base que les calculs économiques et financiers ont été faits. De même, le coût de traitement des lixiviats utilisé pour l'estimation initiale (35 €/tonne), ne sera pas modifié.

Le TRI initial calculé a été présenté au § 0.

Dans la réalité, le montant des travaux a été supérieur à l'estimation initiale et se situe aux environs de 1,4M€, hors travaux de drainage. Ce montant intègre la maîtrise d'œuvre et les travaux de réparation de 2011 qui n'étaient évidemment pas prévus au départ. Par contre, il porte sur une surface de couverture de 4,2 ha, soit 20% supérieure à l'estimation initiale.

Sur cette base, nous avons estimé le gain sur le traitement des lixiviats en considérant la pluie annuelle « théorique » ayant servi de base au calcul initial, et le volume « théorique » de lixiviats correspondant, en conservant les ratios mesurés. Cette méthode permet de conserver la pertinence des hypothèses initiales.

Tableau 4. Estimation du volume de lixiviats « non produit » depuis 2008

Année	2008	2009	2010	2011	2012 (*)
G : volume de lixiviats non collecté par rapport au volume moyen normal estimé (pluie/4 sur 4,3ha) **	165	8 245	5 353	5 716	7 457
Diminution du coût de traitement des lixiviats (35 €/m ³)	6 k€	289 k€	187 k€	200 k€	261 k€

(*) Les valeurs de 2012 correspondent uniquement au 1^{er} semestre et ont été extrapolées pour l'année entière.

(**) Le volume moyen normal estimé $L_{moy} = 1\ 100\ mm \times 43\ 000\ m^2 / 4 = 11\ 550\ m^3$, $G = L_{moy} - L'$.

Si l'on estime le gain pour les années avenir à 234 k€ (moyenne des années précédentes), le TRI révisé en 2012, ainsi calculé, sera de l'ordre de 5 à 6 ans, selon que l'on considère ou non les travaux de réparation réalisés en 2011. En effet, l'ensemble des dépenses réellement constatées sera a priori couvert par les non coûts cumulés dès 2013 ou 2014.

Ainsi, le TRI révisé se situe dans la fourchette haute initiale estimée (qui était de 3 à 6 ans).

Les surcoûts constatés par rapport à l'estimation initiale sont principalement liés au doublement du prix du géocomposite et à la non-prise en compte initiale de la géogrille de retenue des terres.

Si l'on compare le gain annuel, tel qu'estimé en 2004, dans l'hypothèse optimiste (soit 227 000 €) au gain réel annuel calculé depuis la fin des travaux (moyenne de 234 000 € sur les 4 dernières années), on ne peut que vérifier la pertinence et la prudence de l'estimation initiale sur ce point.

5. Conclusion : « Et si c'était à refaire... ? »

Dans une région au climat méditerranéen, telle que celle du présent site, pour assurer pleinement la pérennité de la couverture (risque de ravinement, en particulier), il convient de prévoir des dispositions efficaces et durables vis-à-vis de la gestion des eaux de ruissellement. Certaines dispositions retenues initialement ont montré leur limite, c'est le cas en particulier de :

- la géogrille de retenue des terres (localement peu efficace et pas totalement adaptée aux terres de couverture),
- la nature des matériaux de couverture (trop de fines, prise difficile de la végétation, nécessité d'entretien importante),
- la descente d'eau en éléments de béton (pas assez souple au regard des tassements pouvant affecter le massif de déchets).

Cependant, l'apport de l'ingénierie dans la prise de décision de l'investissement sur l'ISDND de Saint Brès a été déterminant puisque c'est sur cette base prospective que des travaux de reprise de couverture et de drainage ont été décidés, financés et mis en œuvre sur ce site.

8 ans après cette prise de décision et plus de 4 ans après la réalisation des travaux, on constate :

- que le gain attendu, lié à la performance de la solution « géosynthétique » proposée a été respecté et s'avère même meilleur que l'hypothèse la plus optimiste sur ce point, cela malgré des désordres locaux observés,
- que le montant des travaux avait été sous-estimé et que c'est donc sur ce point qu'il faut porter notre vigilance à l'avenir,
- que le TRI constaté reste dans la gamme des hypothèses prises initialement, ce qui confirme la pertinence de ce type d'approche.

6. Références bibliographiques

- Fourmont S., Castanet E., Desbonnets R., Faivre J-M. (2009). Drainage et imperméabilisation se la couverture du CSD de Saint-Brès. *Rencontres géosynthétiques 2009*, pp. 461-465
- Pirion T., Touze-Foltz N., Croissant D., Rozin-Paumier S., Ouvry J-F. (2011). Performance d'un GSB dans une couverture d'une ISD après 6 ans en service. *Rencontres géosynthétiques 2011*, pp. 339-347
- Poignart S., Guerbois M., Didier G. (1999). Assessment of different cover system at an experimental landfill: first results, *Proceedings Sardinia 99, 7th Waste management and Landfill Symposium*, T.H Christensen, R. Cossu and R. Stegmann Eds, S. Margherita di Pula, Cagliari, 3, pp. 323-330