



Chassagnac
Conseils

Séché Eco Services

SITE de la Gabarre, Guadeloupe

Evaluation des possibilités de
surstockage sur les alvéoles 1 et 3
dans l'attente des travaux des
autres alvéoles

Rapport d'étude
Le 23/09/2013

Sommaire

1.	Contexte de l'étude.....	3
2.	Nature du projet.....	Erreur ! Signet non défini.
3.	Problématique et méthodologie.....	6
3.1.	Problématique générale liée aux tassements.....	6
3.1.1.	Origine et nature des tassements de la couche de déchets	7
3.1.2.	Tassement du substratum tourbeux.....	8
3.1.3.	Impacts des tassements sur les structures sus-jacentes.....	8
3.2.	Méthodologie d' évaluation des tassements.....	9
3.2.1.	Evaluation des tassements long terme des déchets anciens.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.2.	Evaluation des tassements induits par les surcharges.....	Erreur ! Signet non défini.
4.	Evaluation des impacts et recommandations.....	10
4.1.	Première évaluation globale du tassement différentiel.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.	identification des points critiques du design.....	Erreur ! Signet non défini.
4.3.	Evaluation des tassements totaux et différentiels ..	Erreur ! Signet non défini.
4.4.	Propositions de modification du design	Erreur ! Signet non défini.
4.4.1.	Rétablissement des écoulements	Erreur ! Signet non défini.
4.4.2.	Remarque sur le design des barrières étanches.....	Erreur ! Signet non défini.
4.4.3.	Remarque sur l' exploitation.....	Erreur ! Signet non défini.
5.	Conclusions et recommandations	12

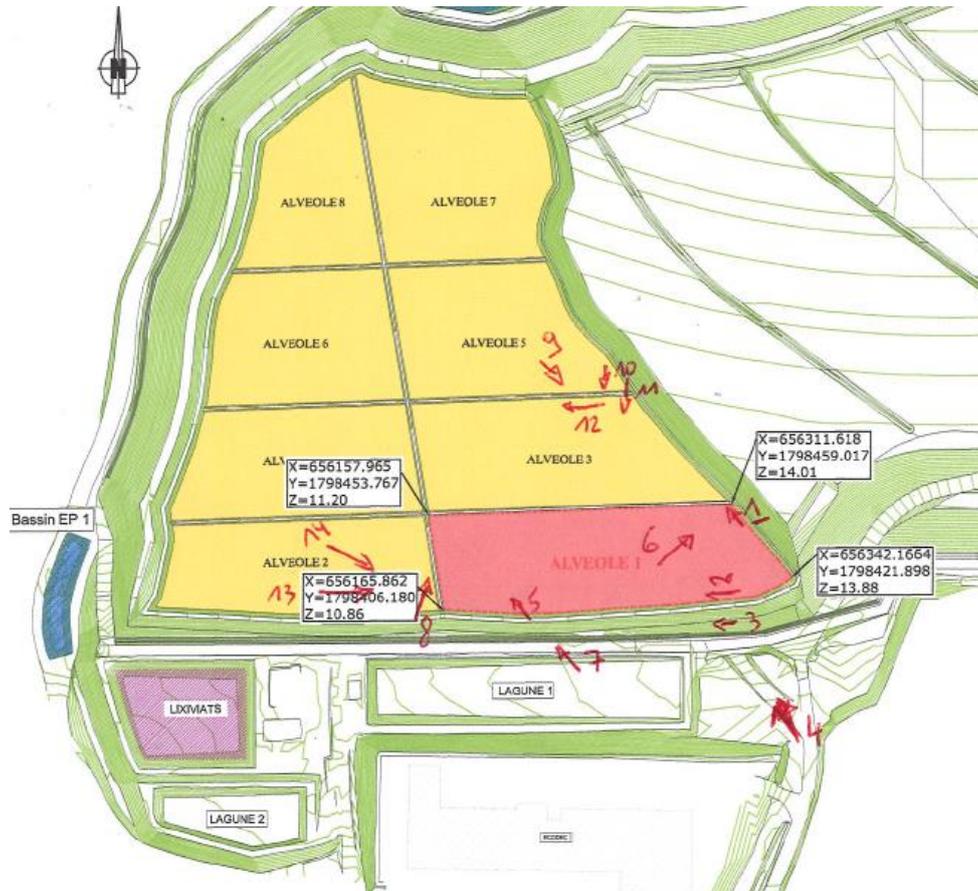
1. CONTEXTE DE L'ETUDE

La société SES exploite l'ISDnD de la Gabarre construite sur un support compressible. Dans le cadre de la maîtrise des tassements inévitables sous la surcharge des déchets, Les règles d'exploitation fixées limitent à 3m la différence de niveau entre les déchets de 2 alvéoles connexes en vue de limiter les tassements différentiels néfastes pour l'étanchéité passive en particulier. Du fait de retards pris dans les travaux de réalisation des futures alvéoles, les cotes de stockage limite ont été dépassées entraînant ainsi un sur-stockage. SES souhaite connaître la marge de manœuvre disponible avant de déclencher des atteintes à la perennité des étanchéités et a consulté 3C dans ce sens.

2. SITUATION DU STOCK

2.1. SITUATION DU STOCKAGE

Le site comporte 8 alvéoles de stockage d'une surface totale de 4.5 ha, posé sur la surface d'une couche de déchets de 12 à 8 m d'épaisseur à une cote moyenne de 10 m NGG. Le fond, de forme trapézoïdal est constitué de 2 unités topographique en V, comportant chacune 4 alvéoles, et de pente longitudinale vers le sud. Les alvéoles 1 et 3 sont actuellement construites et en exploitation.



Plan des alvéoles de stockage

On constate 4 et 6 m de hauteur de déchet actuellement sur l'alvéole 1, et entre 3 et 4 m sur l'alvéole 3. Les photos suivantes illustrent l'état de chargement des alvéoles 1 et 3. Les points de vue des photos sont donnés sur le plan précédent.



Photos 1



Photos 5



Photos 6



Photos 11



Photos 13

Le design d'étanchéité passive et active en fond est détaillé de haut en bas

1. **Géomembrane** (Gmb) PEHD 2 mm et géotextile associé dessus de 800 g/m². La Gmb est modérément sensible aux déformations et conserve ses propriétés d'étanchéité au-delà de déformation de plusieurs dizaines de %.
2. **GSB** 5 kg/m² ; la fonction de cet élément qui complète la barrière passive est de limiter les flux convectifs et diffusifs et de conférer la perméabilité réglementaire à la barrière passive. Sa perméabilité initiale est de 5.10^{-11} m/s. Il est sensible aux déformations et ses fonctions peuvent être dégradées pour des déformations au-delà de 10-12 %. A noter qu'il existe donc une marge de détérioration admissible puisque la perméabilité réglementaire n'est que de 10^{-9} m/s.
3. **Couche de sol argileux compacté** de 50 cm.
4. **Sols** quelconques non poinçonnant.

3. PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE

3.1. PROBLEMATIQUE GENERALE LIEE AUX TASSEMENTS

Le projet de stockage repose sur 2 unités compressibles qui subissent une déformation dans le temps sous l'effet de la surcharge du projet :

1. La couche de déchets anciens ;
2. La couche de tourbe argileuse correspondant aux sols naturels du secteur.

3.1.1. Origine et nature des tassements de la couche de déchets

Le tassement des déchets stockés est le fait de 4 actions distinctes et interactives :

Actions mécaniques : principalement liées à l'application de surcharges. Celles-ci entraînent, comme pour tout milieu granulaire, un réarrangement, une distorsion et une réorientation des divers composants du déchet. A l'image de certains sols fins (argiles molles, tourbes), ces phénomènes de 'fluage' peuvent se prolonger au cours de très longues périodes.

Actions biochimiques : la décomposition de la matière organique du déchet entraîne un transfert de masse de la phase solide vers les phases gazeuse et liquide. Une désagrégation partielle de la structure du déchet est occasionnée, phénomène qui s'accompagne d'un tassement à moyen et à long terme. Le comblement de l'espace libéré n'est cependant que partiel du fait de la structure très hétérogène des constituants (certes moindre dans le cas de déchets pré-broyés).

Actions physico-chimiques : liées à la corrosion des matériaux ferreux et exceptionnellement à des phénomènes d'oxydation et de combustion. Ces actions interviennent de manière marginale vis à vis de la dégradation biochimique. Le processus est très long et par conséquent encore méconnu. Il a pour effet de réduire la taille des constituants du déchet et de libérer des espaces précédemment fermés.

Tamissage et percolation : la dégradation du déchet s'accompagne, en plus de la perte de masse, d'une diminution de la taille caractéristique des constituants du déchet. Ceci entraîne un tamissage des particules dégradées au travers des macro-pores. Ce phénomène continu à l'échelle d'un casier est ponctué de phases soudainement accélérées qui s'apparentent à des effondrements de la structure. L'eau qui percole à travers les résidus accentue cette migration des éléments fins vers les vides ouverts.

De façon analytique, le tassement de la colonne de déchets peut être réparti en 2 composantes :

- ☞ **un tassement primaire** (à court terme) résultant du chargement par les déchets sus-jacents et la couverture. Cette composante de durée très faible (quelques jours à quelques semaines) est généralement supposée indépendante du temps ; Il se réactive lors de l'imposition d'une surcharge complémentaire (recharge, pose d'éléments lourds,...)
- ☞ **un tassement secondaire** (à long terme) supposé indépendant de la charge et pouvant se poursuivre au cours de plusieurs décennies. Il résulte essentiellement de la décomposition de la matière organique, du tamissage des éléments fins et des interactions associées.

Ainsi l'évaluation de la déformation de la couche de déchets supportant la future installation devra prendre en compte à la fois les tassements primaire et secondaire intrinsèques (liés uniquement à leur dégradation et à leur propre masse), ces tassements étant en partie déjà réalisés, mais également le tassement, de type primaire, lié à la surcharge des futurs déchets.

3.1.2. Tassement du substratum tourbeux

Les tourbes et argiles tourbeuses sous les déchets sont des sols gorgés d'eau et non consolidés. Sous une surcharge ils vont tasser de façon significative du fait des mécanismes de consolidation qui vont s'opérer au sein de la couche. Ces tassements ne sont pas instantanés du fait du frein occasionné par l'expulsion d'eau au travers de ces sols très peu perméables. La durée de ces tassements peut s'étendre sur plusieurs années du fait des grandes distances de drainage. Compte tenu de la présence depuis plus de 10 ans en moyenne d'un remblai de déchets de 10 à 14 m sur la zone, les sols compressibles ont déjà subi un tassement relevé aux environs de 2m d'amplitude sur le sondage SP1 Antéa 2011

3.1.3. Impacts des tassements sur les structures sus-jacentes

Le tassement total du aux surcharges et à l'évolution naturelle des déchets n'a pas d'effet en soi sur les structures sus-jacentes si tant est qu'il reste relativement uniforme. Par contre, dès lors que l'uniformité des tassements n'est plus assurée, le développement de tassements différentiels peut engendrer des déformations et des efforts non tolérables sur les structures elles-mêmes.

Il est ainsi indispensable d'évaluer les tassements différentiels pour garantir la pérennité des installations.

Les tassements différentiels se développent en priorité au niveau des zones présentant des contrastes en terme de :

- Compressibilité
- Hauteurs de déchets
- structures internes rigides type digues)
- Nature de déchets
- Conditions de dégradation
- ...etc.

Concernant les décharges à flux dominant de déchets urbains, on pourra distinguer :

- **Les tassements différentiels intrinsèques dans les déchets**: Ceux-ci traduisent l'inévitable hétérogénéité du déchet dominant (et de sa mise en stock) et se manifestent sur des aires métrique à décamétrique. Ils sont à l'origine de fluctuations topographiques douces et d'ordre décimétrique visibles sur un même casier, et les pentes générées sont de l'ordre du %. Leur évaluation et leur cartographie qui nécessiteraient une connaissance historique très détaillée (quasiment au jour le jour) est rendue quasi-impossible de ce fait. Ces hétérogénéités locales, réparties aléatoirement au sein d'un massif de plus de 10 m, conduisent souvent, au final, à un comportement global moyen relativement uniforme à l'échelle du massif et ce d'autant plus que son épaisseur est élevée et qu'il a été exploité par couches réduites et par étalement des déchets. Les déformations engendrées sont ainsi plutôt faibles et sans impact significatif sur les structures souples (PEHD, argiles très plastiques).
- **Les tassements différentiels ponctuels dans les déchets** : ils sont liés à l'occurrence d'effondrements brutaux de vides souvent issus de structures creuses perdant soudainement leur résistance par corrosion ou encore de dégradation différentielles aiguës (zone de puits biogaz p ex.). De volumes fréquemment inférieurs à quelques m³, ces effondrements peuvent être particulièrement dommageables pour les structures d'étanchéité du fait des contraintes de cisaillement et fortes déformations induites ; et ce d'autant plus que la profondeur du vide est faible par rapport à l'étanchéité. L'impact de ces vides sur le tassement différentiel induit diminue cependant rapidement avec la profondeur des vides du fait

du fort défoisonnement et de d'une certaine plasticité des déchets. Ils ne sont en général pas prévisibles.

- **Les tassements différentiels structurels (déchets et sols) :** Ceux-ci sont liés à des contrastes paramétriques latéraux importants entre des secteurs d'échelle supra décamétrique et se manifestent au droit des changements du/des paramètre(s) concerné(s), parfois sur des zones importantes. Ils sont fréquemment liés à des variations importantes d'épaisseur ou de compressibilité de matériaux, de surcharge en surface, ou à la présence de structures enfouies (digues par ex.). Leur amplitude peut être importante et peut atteindre, ponctuellement plusieurs décimètres par an. Leur évaluation passe par le calcul du tassement aux points critiques du design en tenant compte des valeurs extrêmes du paramètre concerné ; le tassement différentiel est ainsi la différence entre les tassements ponctuels. L'impact sur des structures soumises à tassement différentielles est fonction de la distorsion subie qui s'exprime par le rapport entre l'amplitude du tassement (Δ) et la distance (L) sur laquelle il s'établit :

$$S=(\Delta/L).$$

Ainsi un fort tassement différentiel ne pourra montrer qu'un impact limité s'il se développe sur une distance importante. A contrario, un tassement différentiel modéré aura un impact significatif s'il implique une faible portion d'étanchéité.

3.2. METHODOLOGIE D' EVALUATION DES TASSEMENTS

Dans cette étude on reprendra les mêmes méthodologies de calcul que celles développées dans le rapport de 2012 «Evaluation du design projeté sous l'effet des tassements » du 17/09/2012 réalisé pour SES. Le modèle géomécanique développé dans ce cadre sera repris. Pour plus d'information, on se référera à ce rapport.

3.1. PROBLEMATIQUES ET PISTES DE SOLUTION

3.1.1. Problématique des bordures de casier

Dans le cadre des procédures d'exploitation, il avait été posé une règle de chargement instituant une différence de niveau de 2 m maximum entre la cote du niveau de chargement d'une alvéole et la cote de chargement de l'alvéole contigüe. Cette règle, valable en cas d'exploitation horizontale permet de limiter le tassement différentiel au niveau de l'étanchéité passive sur la zone frontière entre alvéole à une valeur acceptable de déformation (< 10%).

Dans le cas d'un besoin de sur-stockage, on peut envisager d'exploiter en pente le vide de fouille selon un différentiel de surcharge n'excédant jamais la valeur critique autorisant une déformation non acceptable au droit de la zone de tassement différentiel. Le tassement différentiel se développant au droit du chargement différentiel, on pourra ainsi rechercher la pente maximum permettant de rester sous les valeurs critiques de tassement.

3.1.2. Délais de mise en place des tassements

Comme détaillé plus haut, les tassements qui se développent sous le massif de déchets nouveaux sont la somme de tassements de divers types dont les cinétiques sont différentes. Si certains tassements comme les tassements primaires se mettent en place de façon non retardée, ce n'est pas le cas des tassements secondaires des déchets anciens ou du tassement par consolidation des tourbes qui demandent des délais plus importants. Une discussion sur ces aspects temporels peut dégager une voie de temporisation autorisant le dépassement des règles de chargement sur un certain délai.

4. EVALUATION DU PROFIL DE CHARGEMENT ET RECOMMANDATIONS

4.1. CALCUL DE LA PENTE DE CHARGEMENT MAXIMUM

Le tableau ci-dessous illustre le calcul de la pente de chargement maximum. En particulier on recherche la distance maximum (portée) entre deux points chargés différemment selon 1m de surcharge. On se place dans les conditions géométriques de l'alvéole A3 en considérant que les bordures extérieures sont déjà terrassées à la cote projet. La charge moyenne de déchets est de 5m.

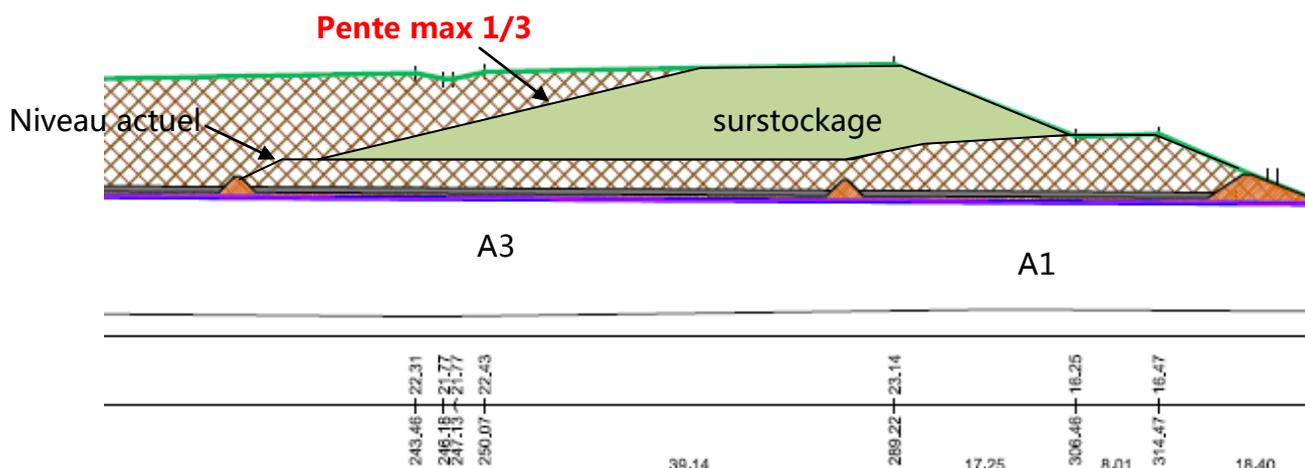
		Bordure Sud du casier V3			
		zoneA3-A4		zoneA3-A4	
		Tassement actuel	Tassement futur	Tassement actuel	Tassement futur
Surcharge future en déchets nouveaux					
Hauteur surcharge couverture/Drainage/fond/Remblais	m	0,00	1,00	0,00	1,00
γ_c : densité couverture	t/m3	2,00	2,00	2,00	2,00
Hauteur surcharge en déchets nouveaux	m	0,00	5,00	0,00	6,00
γ_h : densité déchets nouveaux	t/m3	1,20	1,20	1,20	1,20
$\Delta\sigma^1$ surcharge	kN/m ²	0,00	80,00	0,00	92,00
Surcharge future en déchets anciens (+remblais ou - déblais)					
Hauteur remblai(+) ou déblais (-) en déchets nouveaux	m	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Delta\sigma^1$ surcharge	kN/m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Surcharge existante en déchets anciens					
Hauteur surcharge existante en déchet anciens	m	10,37	10,37	10,37	10,37
γ_{h_2} : densité déchets anciens	m	1,20	1,20	1,20	1,20
$\Delta\sigma^1$ surcharge	kN/m ²	124,44	124,44	124,44	124,44
Consolidation primaire sols compressibles					
γ_{sat} : densité saturé sols compressibles	t/m3	1,50	1,50	1,50	1,50
$C_c/(1+e_0)$: indice de compression relatif		0,45	0,45	0,45	0,45
H_o : hauteur couche compressible	m	10,00	10,00	10,00	10,00
H_w : hauteur d'eau/0 NGG	m	10,00	10,00	10,00	10,00
σ'_{v0} contrainte effective initiale à $H_o/2$	kN/m ²	25,00	25,00	25,00	25,00
s: tassement total	m	3,5	4,3	3,5	4,4
s: tassement résiduel	m		0,8		0,9
Tassement primaire déchets anciens sous surcharge					
épaisseur déchets surcompactés	m		2,00		2,00
module élasticité déchets anciens surcompactés	kPa		4 000		4 000
épaisseur déchets résiduels	m		8,37		8,37
module élasticité déchets anciens résiduels	kPa		2 000		2 000
s: tassement	m		0,37		0,43
Tassements complémentaires (secondaires) déchets anciens					
tassement final potentiel	m		2,28		2,28
taux de réalisation du tassement final	%		36,00		36,00
hauteur des déchets anciens	m		10,37		10,37
s: tassement	m		1,46		1,46
TASSEMENT TOTAL	m		2,67		2,83
TASSEMENT DIFFERENTIEL	m			0,16	
Portée	m			1,6	
déformation	%			9,7%	

Les résultats montrent que la déformation critique de 10% apparaît dès lors que le différentiel de 1m de surcharge s'établi sur une distance inférieure à 1.6 m.

En prenant un coefficient de sécurité de 2, il apparaît que la pente de chargement maximum ne devrait pas excéder 1V/3H.

Il devient donc possible de rechercher un volume d'exploitation en surélévation jusqu'à la cote finale d'exploitation en restant constamment en dessous d'une pente de **1V/3H**. Ponctuellement et de façon à éviter de reporter d'éventuels comblements résiduels limité en volume, on pourra accepter de monter à une pente de **1V/2.5H (flanc sud)**.

Il devient ainsi possible de stocker comme illustré sur le schéma suivant au niveau des alvéoles 1 et 3. Vers l'ouest, on conservera le même principe de pente de chargement maximum de **1V/3H**.



Ces résultats montrent que les valeurs de pente (3/2) au niveau des talus de bordure nord et ouest des alvéoles 1 et 3 sont à une valeur critique telle que défini p 19 du rapport « Evaluation du design projeté sous l'effet des tassements » du 17/09/2012. Ils devront être réduits ou on devra envisager de surcharger leur pied afin de réduire le tassement différentiel.

4.2. EVALUATION DU DELAI DE MISE EN PLACE DES TASSEMENTS

Le précédent calcul a permis d'évaluer les différentes composantes des tassements totaux comme ci-après et d'en évaluer la part dans le tassement total et le tassement différentiel :

Type de tassement	Délai de mise en place	Part dans le tassement total	Part dans le tassement différentiel
Tassement consolidation par des tourbes	Plusieurs mois	Env. 30%	60%
Tassement primaire déchets anciens	instantané	Env. 15 %	40%
Tassement secondaire déchets anciens	Plusieurs années	Env. 52%	0%

Ainsi la mise en place du tassement différentiel s'opère sur plusieurs mois pour plus de la moitié de son amplitude. Il serait donc possible de dépasser légèrement les critères de chargement (pente max, décalage max entre alvéoles) sur quelques semaines (3 à 4) sans engendrer de déformation critique.

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les calculs des tassements ont montré que les déformations induites par une recharge supplémentaire sur les étanchéités des alvéoles 1 et 3 restent acceptables tant que les pentes du chargement restent inférieures à 3H/1V, Il devient donc possible de surstocker jusqu'à la cote finale dès lors que la pente maximum est respectée.

Les pentes de bordure nord et ouest des alvéoles, actuellement à 3H/2V, atteignent des valeurs critiques et devront être réduite rapidement (ou leur pied devra être surchargé).

Les cinétiques de mise en place des tassements sont toutefois lentes à très lentes et on pourra temporairement, mais au plus sur 4 semaines, dépasser ponctuellement et dans une faible mesure les règles de chargement précédentes.