

L'INSTRUMENTATION D'UNE ISDND CONSTRUITE SUR FORMATIONS COMPRESSIBLES

INSTRUMENTATION OF A LANDFILL BUILT ON COMPRESSIBLE FORMATIONS

Laurent BRIANCON¹, Suzanne METAIS¹, Gaëlle MAZEAS¹, Baptiste PAGE¹, Jean-Claude TAPIN²

1 Antea France, Arcueil, France

2 SHEMA, Honfleur, France

RÉSUMÉ – Cette communication présente les dispositions constructives prises pour la création d'une cellule de confinement construite sur des formations compressibles. Malgré des reconnaissances géotechniques préalables détaillées, compte tenu de la difficulté à appréhender de manière précise le comportement des sols, la méthode observationnelle pour le dimensionnement interactif des ouvrages a été retenue. Un dispositif d'instrumentation a été défini et mis en place pour mesurer les tassements sous l'ouvrage et permettre de l'adapter afin de garantir sa stabilité et la pérennité des barrières de sécurité.

Mots-clés : ISDnd, renforcement, géosynthétique, instrumentation.

ABSTRACT – This paper presents the design measures taken to create a confined cell built on soft soil. Despite detailed geotechnical investigations, given the difficulty to apprehend the soil's behavior, the observational method for interactive design was used. An instrumentation system was defined and set up to measure settlement in order to adapt the work to ensure slope stability and durability of safety barriers.

Keywords: Landfill, reinforcement, geosynthetic, instrumentation.

1. Introduction

Dans le cadre de l'aménagement du Parc d'Activités Calvados Honfleur, les déchets de l'ancienne décharge d'Honfleur, exploitée dans les années 1970 et 1980, sont déplacés vers une cellule de confinement dotée de barrières de sécurité passive et active. La surface de l'ancienne décharge est d'environ 5,2 ha.

La question de gestion des anciennes décharges n'est pas nouvelle dans l'histoire des civilisations contemporaines. Elle est de plus en plus fréquemment rencontrée dans les projets d'infrastructures. La réhabilitation d'un site ne représente plus seulement un challenge technique mais aussi un défi d'intégration du projet dans le territoire selon une démarche de développement durable prenant en compte des aspects sociaux, environnementaux et économiques.

L'arrêté ministériel du 09 septembre 1997 relatif aux Installations de Stockage de Déchets non dangereux (ISDnd) modifié précise que « *les risques d'inondations, d'affaissements, de glissements de terrain ou d'avalanches sur le site doivent être pris en compte* ». Or, l'emprise retenue pour la zone de stockage est située sur des formations compressibles. Bien que cet arrêté ministériel ne s'applique pas pour cette cellule de confinement, cette contrainte doit être prise en compte dans le cadre de sa conception et de sa réalisation en observant le comportement de l'ouvrage pour l'adapter si nécessaire.



Figure 1. Vue paysagère de la cellule de confinement réhabilitée.

La cellule de confinement présente une surface d'environ 16 000 m² et permet le stockage d'environ 80 000 m³ de déchets. Elle est délimitée par une digue périphérique de 5 m de hauteur. Une ancienne voie ferrée ainsi qu'une voie communale longent la parcelle retenue.

La Figure 1 présente une vue paysagère de la cellule de confinement après végétalisation. Une vue en plan et une coupe de la cellule de confinement sont respectivement fournies sur les Figures 2 et 5.

Les barrières de sécurité sont constituées par, du bas vers le haut :

- barrière de sécurité passive (BSP) :
 - o les formations naturelles du site,
 - o une couche d'argile d'une perméabilité inférieure à 10⁻⁹ m/s reconstituée sur une épaisseur de 1 m et remontée sur le flanc interne de la digue sur 2 m par rapport au fond de la cellule, de manière à constituer, associé à un géosynthétique bentonitique, un dispositif équivalent à celui demandé par la réglementation en vigueur pour les ISDnd.
- barrière de sécurité active :
 - o un géosynthétique bentonitique d'une masse surfacique de 5 kg/m² de type Bentomat®,
 - o une géomembrane PEHD de type ATARFIL de 2 mm d'épaisseur, certifiée ASQUAL,
 - o un géocomposite de protection et de drainage des lixiviats de type Protector Strip®,
 - o une couche de 30 cm de matériaux drainants, portée à 50 cm au droit des drains.

Les déchets sont ensuite mis en place par couches compactées pour atteindre une hauteur totale comprise entre 5 et 8 m. Cette hauteur a également été limitée pour prendre en compte les contraintes paysagères. Une couverture étanche par géomembrane PEHD 1,5 mm sera ensuite mise en place sur le dôme avant sa végétalisation.

2. Définition des dispositions constructives

2.1. Estimation prévisionnelle des tassements

Selon la carte géologique du Havre établie par le BRGM au 1/50 000^{ème}, le sous-sol de la parcelle est constitué de dépôts alluvionnaires modernes sur une forte épaisseur.

Une campagne de reconnaissances géotechniques comprenant pas moins de 6 sondages pressiométriques, 6 sondages carottés, 9 sondages au pénétromètre statique et 10 essais de cisaillement et oedométriques en laboratoire a été réalisée. Le ratio de points de mesure s'élève donc à environ 10 par hectare, bien supérieur à celui préconisé par le guide technique BPX30-438, fixé à un minimum de 3 par hectare (AFNOR, 2009b).

D'après les reconnaissances effectuées, les formations compressibles sont principalement des argiles vasardes ou silts organiques sur 5 à 8 m de profondeur au maximum déposés sur des sables gris verts. Un faciès de transition de sables argileux a également été reconnu sur les sondages.

Le niveau d'eau varie entre 1 et 3 m de profondeur par rapport au terrain naturel, selon la saison. Les terrassements ont donc été limités et les déchets stockés en hauteur sur l'emprise retenue.

Le Tableau 1 synthétise les résultats obtenus lors des reconnaissances géotechniques.

Tableau 1. Caractéristiques géomécaniques des formations étudiées.

Description du sol	Cote de la base de la formation (m NGF)	Poids volumique (kN/m ³)	Cohésion effective (kPa)	Angle de frottement (degrés)	Module pressiométrique (MPa)	$\frac{Cc}{1+e_0}$ (-)
Déchets à excaver	6,50	10 à 16	5	20	/	/
Argile BSP	5,50	21	20	20	/	/
Argile vasarde	-1,90	17	5 à 10	25	2	0,207
Sables gris vert argileux	-5,00	19	5	30	5	/
Sables gris vert	/	20	0	35	15	/

Les formations naturelles présentent donc des caractéristiques géotechniques médiocres sur environ 5 m. Les argiles vasardes sont très compressibles [$C_c/(1+e_0) > 0,2$, Philipponnat et Hubert, 2007].

Les tassements prévisionnels attendus des argiles vasardes ont été déterminés à l'aide de la méthode oedométrique à partir de l'équation (1) (Philipponnat et Hubert, 2007) :

$$s = H \left[\frac{C_s}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_p}{\sigma'_1} \right) + \frac{C_c}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_p} \right) \right] \quad (1)$$

où :

- s : tassement ;
- H : épaisseur de la couche compressible ;
- C_s : indice de gonflement ;
- C_c : indice de compression ;
- e_0 : indice des vides initial ;
- σ'_p : pression de préconsolidation ;
- σ'_1 : contrainte effective initiale, avant mise en place des déchets ;
- σ'_2 : contrainte effective finale, après mise en place des déchets.

Les valeurs de tassements prévisionnels estimés sont consignées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Tassement prévisionnel estimé par la méthode oedométrique.

Tassement	À 5 m du pied extérieur de la digue	À 1 m du pied extérieur de la digue	Sous la digue	Au centre de la cellule
Estimé (mm)	10	30	225	400 à 500

2.2. Dispositions constructives prises en compte pour l'implantation et la géométrie de la cellule

Le pied de la digue périphérique a été implanté avec un retrait d'au moins 5 m par rapport à la voie ferrée pour limiter le tassement à long terme à un centimètre sous l'ouvrage. Une piste d'entretien permet d'accéder à l'ensemble de la cellule de confinement.

Pour assurer le bon écoulement des lixiviats, la forme du fond de la cellule est de type « toit d'usine » avec une pente accentuée à 2 % sur l'axe de drainage principal et à 5 % dans un rayon de 10 m autour des puits de lixiviats. Les points bas ont été positionnés autant que possible dans les zones où l'épaisseur des sols compressibles est la plus importante, là où les tassements attendus sont les plus conséquents. La Figure 2 présente une vue en plan du fond de forme de la cellule de confinement.

La pente du dôme est d'au minimum 5 % afin de prendre en compte, à la fois, les tassements des formations naturelles et ceux des déchets anciens.

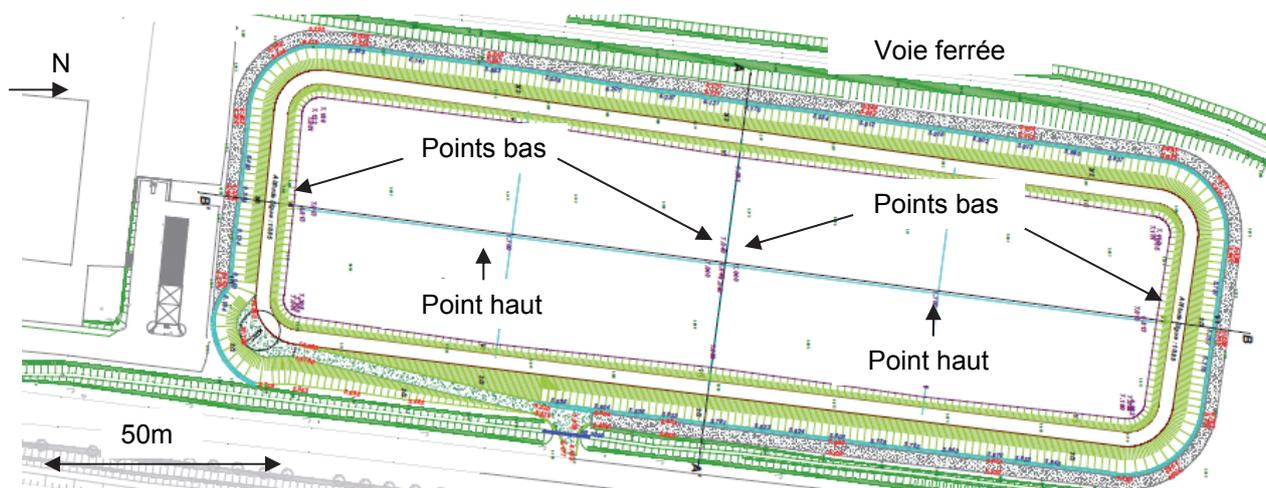


Figure 2. Vue en plan de la cellule de confinement.

2.3. Disposition constructive prise en compte pour la digue périphérique

Afin de se prémunir d'un glissement du parement de la digue suite à une déformation des formations compressibles sous jacentes par glissement ou par phénomènes de fluage, un géotextile de renforcement a été mis en place au niveau de l'assise de la digue pour reprendre les efforts de déformation. La Figure 3 présente un schéma de principe du mécanisme de renforcement d'un remblai de digue par géotextile sur formations compressibles.

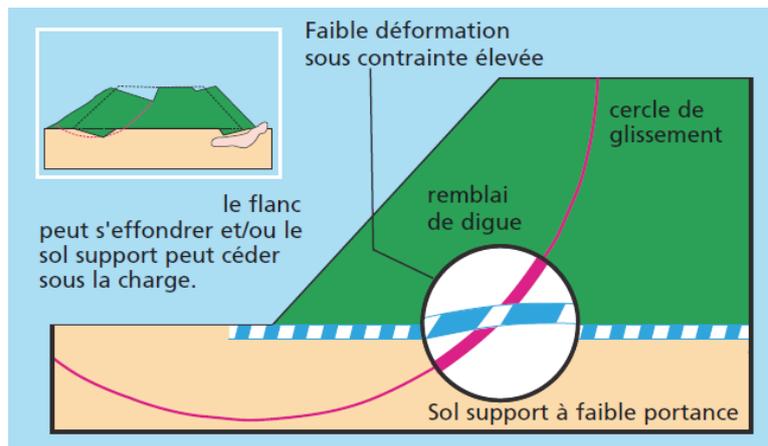


Figure 3. Illustration du renforcement par géotextile d'une digue sur formations compressibles.

Les caractéristiques du géotextile de renforcement ont été déterminées suivant les recommandations pour le dimensionnement et l'analyse des constructions utilisant des géosynthétiques de renforcement, EBGEO (DGGT, 2011).

La résistance à la traction du produit nécessaire a été évaluée à 795 kN/m pour une digue de 5 m de haut, reposant sur 5 m de formations compressibles cohérentes ($C_u = 5$ kPa) et non frottantes, tenant compte des coefficients réducteurs présentés dans la fiche de calcul spécifiquement établie pour le projet fournie dans le Tableau 3. La résistance en traction mobilisée à long terme est d'environ 26 kN/m.

Les coefficients réducteurs ont été déterminés sur la base de résultats d'essais réalisés sur le produit fini par le fabricant, en accord avec les guides ISO/TS 13434 et ISO/TR 20432 « Ligne directrice pour la détermination de la résistance à long terme des géosynthétiques pour le renforcement du sol » (AFNOR, 2008). Le coefficient de sécurité global sur la résistance en traction du géotextile de renforcement pris en compte est d'environ 2,8.

La stabilité de l'ouvrage au glissement a également été vérifiée par calcul d'équilibre limite selon la méthode de Bishop (AFNOR, 2009a).

Tableau 3. Dimensionnement du géotextile de renforcement selon les règles EBGEO.

Caractéristique	Hypothèse		Coefficient de sécurité		Hypothèse		Coefficient de sécurité		Résultat :		
	5	20			5	17			Court terme	287 kN/m	
Hauteur et y	5	20			5	17			Long terme	26 kN/m	
Position GSY	4.2								Glissement	150 kN/m	
Charge	15		1.3	19.5							
Pente (H/V)	1.5	1									
C'	5		1.3	3.8	0		1.3	0.0			
phi'	35		1.2	29.2							
Cu					25		1.25	20			
min Cu					5		1.25	4			
Stabilité à court terme	Segment	Angle	bi	li	E	E	C	H			
	1	60	2.9	5.8	146.8	57.2	22.3	119.8			
	2	45	5.0	7.1	712.5	97.5	141.4	610.0			
	3	-	7.5	7.5	1012.5		30.0	-30.0			
	4	45	5.0	7.1	212.5		141.4	-412.5			
	Résistance traction géosynthétique							287.3			
Vérification glissement	$Eah_{3,d} \leq R_{3,d}$				condition vérifiée	$Eah_{3,d}$	70.0	$R_{3,d}$	73.8	RA,d	98.7
	$Eah_{4,d} \leq R_{0,d} + \min(R_{3,b}; RB;d)$				condition vérifiée	$Eah_{4,d}$	94.2	$R_{0,d}$	104.6	RB,d	287.3
	$Eah_{4,d} \leq RU,d + \min(RB,d; RA,d)$				condition vérifiée			RU,d	150.0		
Stabilité à long terme	RU,d	68.2									
	Résistance traction géosynthétique										26
Glissement dans formations compressible	$Eah_{4,d}$	560		$REp_{4,d}$	412.5	RU,d	150.0	$R_{4,d}$	30	Arrachement	552.9
	$Eah_{4,d} \leq REp_{4,d} + RU,d + R_{4,d}$				condition vérifiée					condition vérifiée	
	Résistance traction géosynthétique			doit être >	150						

Le géotextile de renforcement mis en place est un géosynthétique tissé en polyester (en sens production) et en polyamide et polyester (en sens travers) de type Huesker Stabilenka[®] 800. La raideur du produit est élevée avec une résistance à la traction de 460 kN/m sous un allongement de 6 % afin de mobiliser en traction le géosynthétique dès le début des déformations de l'ouvrage.

Les lès, d'une longueur de 20 m, ont été mis en place avec un retour de 8 m en parement externe. Les matériaux de la digue ont été mis en place par couches de 30 cm, compactées et contrôlées. La

réalisation des travaux a été réalisée suivant une procédure d'exécution établie par l'entreprise de travaux dans le cadre d'un Plan d'Assurance Qualité (PAQ).

La Figure 4 présente une photographie du compactage des premières couches de la digue périphérique sur le géotextile de renforcement. Une attention toute particulière a été portée lors de la mise en œuvre du produit : respect des largeurs de recouvrement, absence de plis, pré-tension du géotextile, ancrage, absence d'endommagement à la mise en œuvre, etc.



Figure 4. Mise en place du géotextile de renforcement au niveau de l'assise de la digue périphérique.

3. Mise en place d'un dispositif d'instrumentation

3.1. Présentation du dispositif

Afin de mettre en œuvre la méthode observationnelle pour le dimensionnement interactif de la cellule de confinement, un dispositif d'instrumentation constitué de capteurs de tassement, de pression totale et de pression interstitielle a été mis en œuvre selon trois profils identiques (Figure 5).

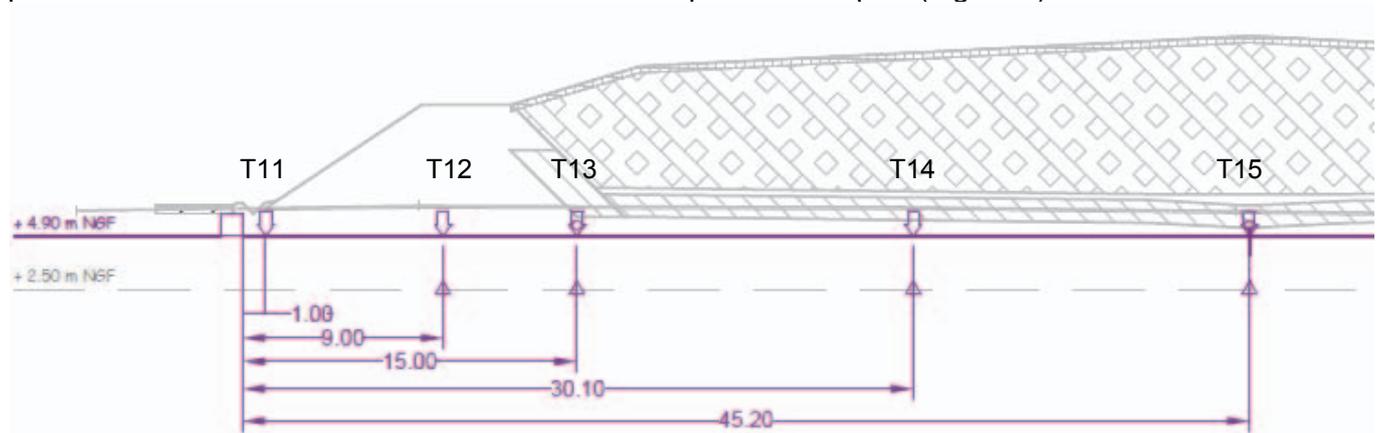


Figure 5. Profil instrumenté de la cellule de confinement.

Les capteurs de tassement numérotés T_{11} à T_{15} sont connectés en série par une ligne hydraulique à un réservoir rempli d'antigel fixé sur un support situé en pied de la digue, d'une part et par une ligne électrique à une centrale d'acquisition, d'autre part. Le réservoir maintient le système toujours saturé et à charge constante. Le capteur mesure la variation de pression entre sa position et le niveau du réservoir.

Un capteur de référence noté T_{11} est fixé sous le réservoir et permet de calculer le tassement des autres capteurs positionnés sous la cellule de confinement.

Chaque capteur est compensé en pression atmosphérique par un capillaire couplé au câble électrique. Chaque capteur est fixé sur une platine rectangulaire (Figure 6).

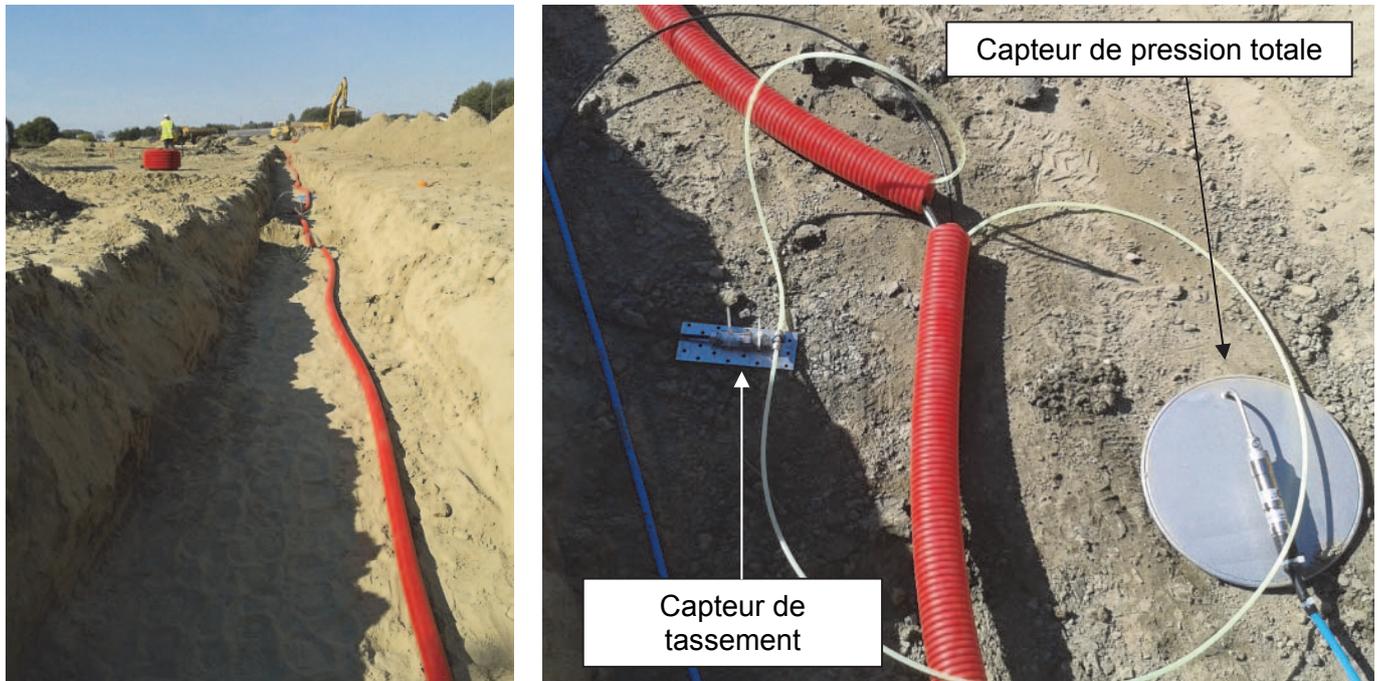


Figure 6. Installation du dispositif d'instrumentation.

Des centrales d'acquisition automatique ont permis de collecter les données toutes les 4 heures. Un relevé topographique de points de référence a également été réalisé au niveau :

- des regards dans lesquels les centrales d'acquisition ont été installées, afin de s'assurer de l'absence de tassement ou prendre en compte ce tassement s'il existe ;
- de la voie ferrée afin de démontrer que le critère de tassement de 10 mm maximum est bien vérifié ;
- de la crête de la digue une fois réalisée.

3.2. Suivi des tassements sous la digue

Afin d'analyser le suivi des tassements, il convient de rappeler en préalable le phasage de réalisation de la cellule comprenant sept étapes successives :

1. création de la digue périphérique ;
2. mise en place de la couche peu perméable de la BSP de 1 m d'épaisseur ;
3. mise en place du dispositif d'étanchéité par géomembrane ;
4. mise en place de la couche drainante de 30 cm d'épaisseur et des drains collectant les lixiviats ;
5. remplissage des déchets dans la cellule de confinement par couches compactées ;
6. mise en place de la couverture (couche de fermeture de 20 cm et complexe d'étanchéité) ;
7. végétalisation.

La Figure 7 présente les tassements mesurés depuis la construction de la digue (phase 1) jusqu'à la mise en place de la barrière de sécurité active (phase 4). Les numéros figurant sur la Figure 7 correspondent aux étapes du phasage de réalisation de l'ouvrage.

Lors de l'étape 5, les tassements sont susceptibles de varier en fonction de la densité des déchets. Deux hypothèses ont été prises en compte, haute et basse, correspondant respectivement à un poids volumique des déchets de 16 et 10 kN/m³.

L'analyse des résultats du suivi met en avant les points suivants :

- aucun tassement « parasite » n'est mesuré au niveau du regard (T₁₁) ;
- en pratique la réalisation de la digue périphérique et la mise en œuvre de la couche peu perméable de sécurité passive (phases 1 et 2), encastrée dans la digue, ont été réalisées en parallèle. Le tassement mesuré au centre de la digue (T₁₂) atteint environ 200 mm pour une estimation de l'ordre de 225 mm. La cinétique de tassement met en évidence à la fois la consolidation primaire et celle secondaire. Cette dernière démarre à la fin de la mise en place de la digue et dure entre 1,5 et 2 mois. La compression secondaire est provoquée par fluage des formations compressibles. Le tassement mesuré sous la digue côté intérieur (T₁₃) atteint le même ordre de grandeur environ 180 mm ;

- lors de la réalisation de la digue et de la couche peu perméable encastrée (phases 1 et 2), il est constaté un soulèvement du fond de forme d'environ 30 mm (T₁₄) ;
- la mise en place des géosynthétiques de la barrière de sécurité active (phase 3) induit un tassement négligeable ;
- la mise en place de la couche drainante de 30 cm d'épaisseur (phase 4), à l'aide de piste d'un mètre d'épaisseur, induit un tassement au centre de la cellule de l'ordre de 60 mm (T₁₅). La phase de consolidation primaire est relativement rapide (1 semaine), tandis que celle secondaire présente une durée estimée entre 1,5 et 2 mois, équivalente à celle observée lors des phases 1 et 2 ;
- suivant l'hypothèse prise pour la densité des déchets compactés (10 à 16 kN/m³), le tassement final est estimé entre 400 et 480 mm au sein de la cellule de confinement.

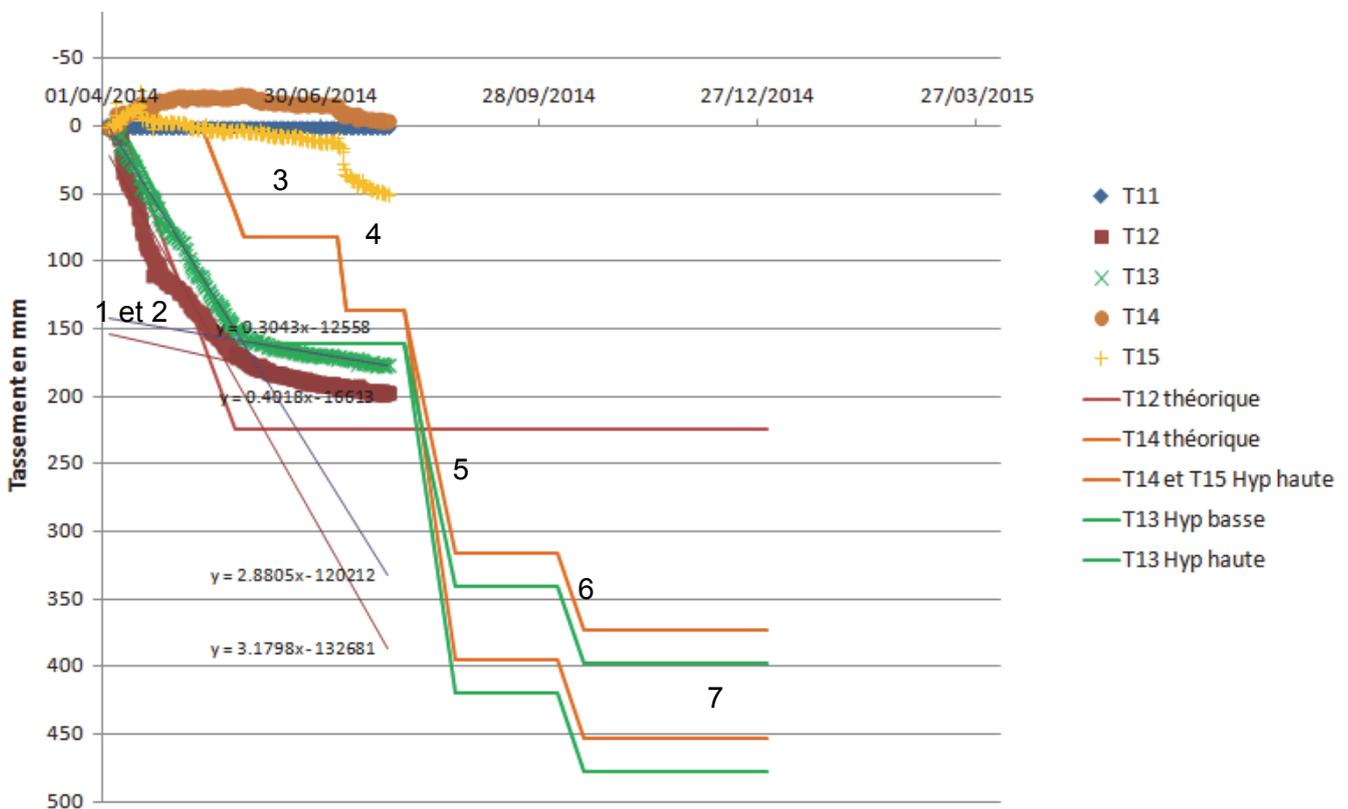


Figure 7. Résultats des mesures de tassement sur un profil instrumenté.

Le Tableau 4 compare les tassements mesurés à l'issue de la mise en place de la couche drainante et ceux estimés après mise en place des déchets.

Tableau 4. Tassement prévisionnel estimé.

Tassement	A 5 m du pied de la digue	A 1 m du pied de la digue	Sous la digue	Au centre de la cellule
Estimé (mm)	10	30	225	400 à 500
Mesuré après phase 4 (mm)	± 1	± 1	200	60
% atteint	/	/	90	12 à 15

En vue de garantir la durabilité de la barrière de sécurité active, le tassement mesuré au cours de la mise en place des déchets est comparé à la valeur acceptable définie en conformité avec la norme NF EN 13493 « Géomembranes, géosynthétiques bentonitiques – caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction des ouvrages de stockage et d'enfouissement de déchets solides » (AFNOR, 2013).

Le tassement final estimé varie en fonction de la densité des déchets. Tenant compte d'un poids volumique variant de 10 à 16 kN/m³, l'allongement de la géomembrane mise en place sur le rampant de la digue est estimé entre 2,3 et 3,3 %, ce qui représente une mobilisation de 16 à 23 % de la résistance à la rupture (T_{max} = 40 kN/m), pour une moyenne de 20 % (Tableau 5).

Il a été retenu comme valeur d'alerte un tassement de 300 mm et un seuil acceptable de 345 mm au droit du pied de la digue et à l'intérieur de la cellule de confinement, correspondant à une mobilisation à hauteur de 25 %, respectivement, de l'allongement au seuil d'écoulement ($\epsilon_{\text{seuil}} = 12 \%$) et de la résistance à la rupture. Ce pourcentage mobilisé est conforme à la norme NF EN 13493 qui précise que « lorsque les critères d'acceptation sont exprimés en termes de propriétés mécaniques à la traction, le niveau d'acceptabilité correspond généralement à une modification n'excédant pas 25 % par rapport aux valeurs initiales pour la résistance et la déformation à la rupture du matériau ».

Tableau 5. Estimation de l'allongement et de l'effort dans la géomembrane et du tassement acceptable.

Densité déchets (kN/m ³)	10	13	16	Acceptable	
				25% de T _{max}	25% de ϵ_{seuil}
Rampant (m)	7.07	7.07	7.07		
Tassement final (mm)	400	450	500		
Tassement après création de la BSP (mm)	175	175	175		
Tassement résiduel estimé (s - mm)	225	275	325	347	296
Allongement (ϵ - %)	2.3 %	2.8 %	3.3 %	3.5 %	3.0 %
% de l'allongement au seuil atteint	19 %	23%	28 %	29 %	25 %
Effort dans la géomembrane (%)	6.45	7.90	9.35	10.00	8.50
% de la résistance à la rupture atteint	16 %	20 %	23 %	25 %	21 %

Afin de compléter le dispositif d'instrumentation par capteurs, des piges métalliques et des repères visuels ont été créés au niveau du dispositif d'étanchéité (Figure 8). Il est alors possible d'appréhender au fur et à mesure du remplissage en déchets le déplacement du géocomposite de drainage, qui transmettra également progressivement une partie des efforts liés aux déchets vers la géomembrane (Briançon et Page, 2013).

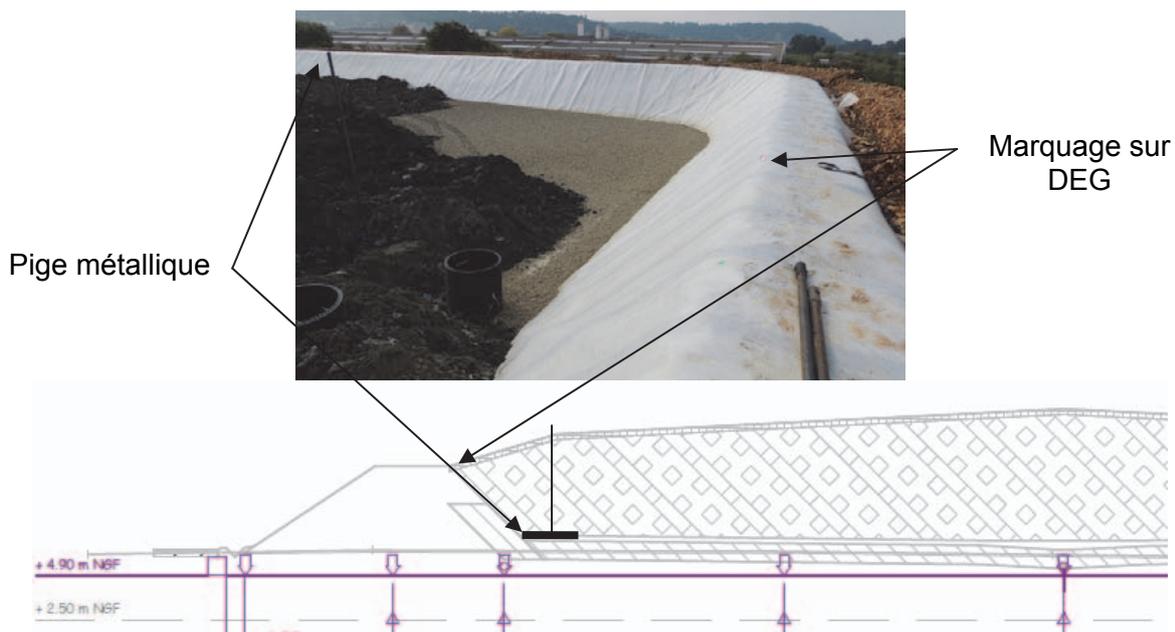


Figure 8. Repères visuels mis en complément du dispositif d'instrumentation.

3.3. Dimensionnement interactif de l'ouvrage

L'analyse des mesures acquises à l'aide du dispositif d'instrumentation peut permettre les adaptations suivantes :

- mettre en œuvre au cours du chantier des dispositions constructives complémentaires contrôlées : il a ainsi été décidé de fermer l'ancrage après le remplissage en déchets de la cellule, afin de laisser un degré de liberté au dispositif d'étanchéité par géomembrane. Une attention toute particulière a été portée au suivi du déplacement du DEG, via les repères visuels mis en place ;
- fixer la hauteur des déchets à une valeur acceptable pour garantir la pérennité de la barrière de sécurité passive ;

- modifier la géométrie du dôme en particulier en augmentant ou diminuant les pentes de la couverture finale de manière à assurer une bonne gestion des eaux pluviales.

Ces optimisations sont réfléchies tout en intégrant l'objectif de disposer d'un volume de 80 000 m³ et les contraintes paysagères.

4. Conclusions

L'application de la méthode observationnelle pour le dimensionnement interactif est adaptée à l'optimisation d'une cellule de confinement où le comportement des formations très compressibles et celui du dispositif d'étanchéité par géomembrane sont souvent difficiles à appréhender de manière précise, malgré une reconnaissance géotechnique préalable détaillée et, bien entendu, nécessaire et indispensable. Il convient de préciser que cette méthode de dimensionnement n'est en aucun cas une facilité, qu'il pourrait être tentant d'utiliser pour justifier de dangereuses économies sur les études et investigations géotechniques préalables à la réalisation des travaux.

Elle nécessite une forte implication et une grande réactivité de l'ensemble des acteurs, à savoir, le Maître d'Ouvrage, le Maître d'Œuvre, les Entreprises de terrassement et d'étanchéité mais également les fournisseurs de géosynthétiques, les laboratoires de contrôle, etc., pour prendre en compte, dans un minimum de temps, les optimisations et adaptations sur l'ouvrage.

Le dispositif d'instrumentation mis en place pendant les travaux de création de la cellule pourra ensuite servir pour la surveillance de l'ouvrage lors de la période post-exploitation.

5. Références bibliographiques

- AFNOR (2008) Guides ISO/TS 13434 et ISO/TR 20432. Ligne directrice pour la détermination de la résistance à long terme des géosynthétiques pour le renforcement du sol, 45 pages.
- AFNOR (2009a) Norme NF P 94-270. Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Remblais renforcés et massifs en sol cloué, 186 pages.
- AFNOR (2009b) Référentiel de bonnes pratiques : guide de bonnes pratiques pour les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de sites d'Installation de Stockage, 46 pages.
- AFNOR (2013) NF EN 13493. Géomembranes, géosynthétiques bentonitiques - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction des ouvrages de stockage et d'enfouissement de déchets solides, 41 pages.
- Allagnat D. et al (2005) La méthode observationnelle pour le dimensionnement interactif des ouvrages. Presses des Ponts et chaussées. 127 pages.
- Briançon L., Page B. (2013) Dimensionnement interactif, dans une démarche qualité-sécurité-environnement, d'une couverture d'un talus de grande hauteur et de forte pente d'une ISD, Rencontres géosynthétiques 2013. 10 pages.
- DGGT (2011) Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements, EBGeo, 313 pages.
- Koerner R. (2005) Designing with geosynthetics, 5th edition.
- Page B., Bruhier J. (2006) Évaluation des efforts dans les géosynthétiques par modélisation en déplacement - Rencontres géosynthétiques 2006. 10 pages.
- Philipponnat G., Hubert H. (2007) Fondations et ouvrages en terre. Eyrolles, 548 pages.

