



Journée technique CFMS-CFG 2015
« Les Géosynthétiques et leurs applications »

QUELQUES PROBLÉMATIQUES LIÉES À LA CONSTRUCTION DE CASIERS DE STOCKAGE DE DECHETS EN SURELEVATION D'ISDND EXISTANTES

Présenté par Francis TANO (Irstea, Ecogeos)

francis.tano@irstea.fr / @ecogeos.fr

Nathalie Touze-Foltz (Irstea)

Franck Olivier (Ecogeos)

Daniel Dias (3SR)



Paris, 30 septembre 2015

INTRODUCTION

Une nouvelle ISDND ? Où ? Alternatives?



Raisons d'être :

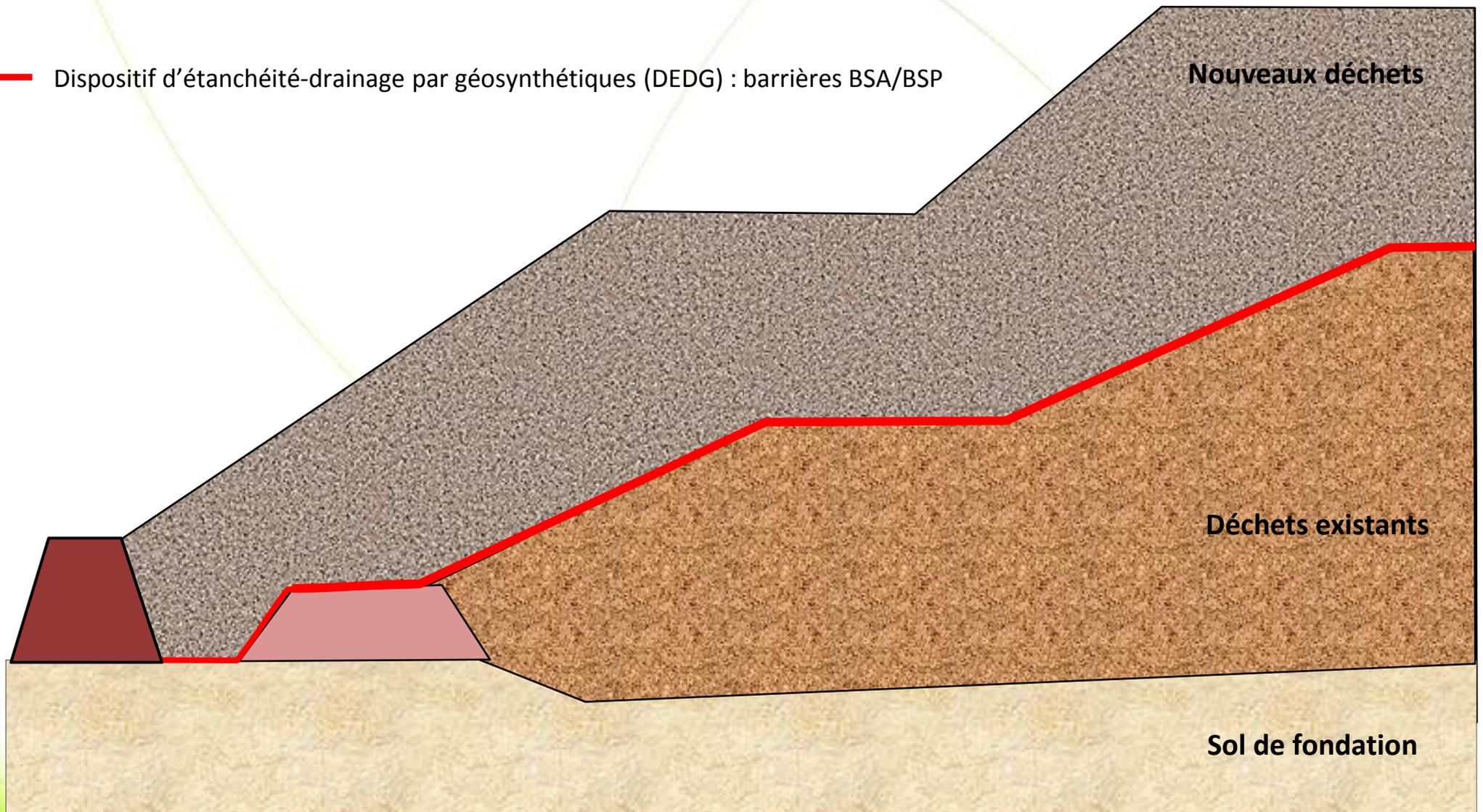
- Pénurie de sites adaptés techniquement (sol de fondation...)
- Questions foncières difficiles à résoudre
- Terres agricoles à préserver
- Opposition des riverains

Avantages :

- Relative simplification des procédures de création de nouveaux casiers
- Optimisation des infrastructures existantes (routes, unités de valorisation biogaz & traitement des lixiviats, ...)
- Gain de temps et avantage économique
- ...

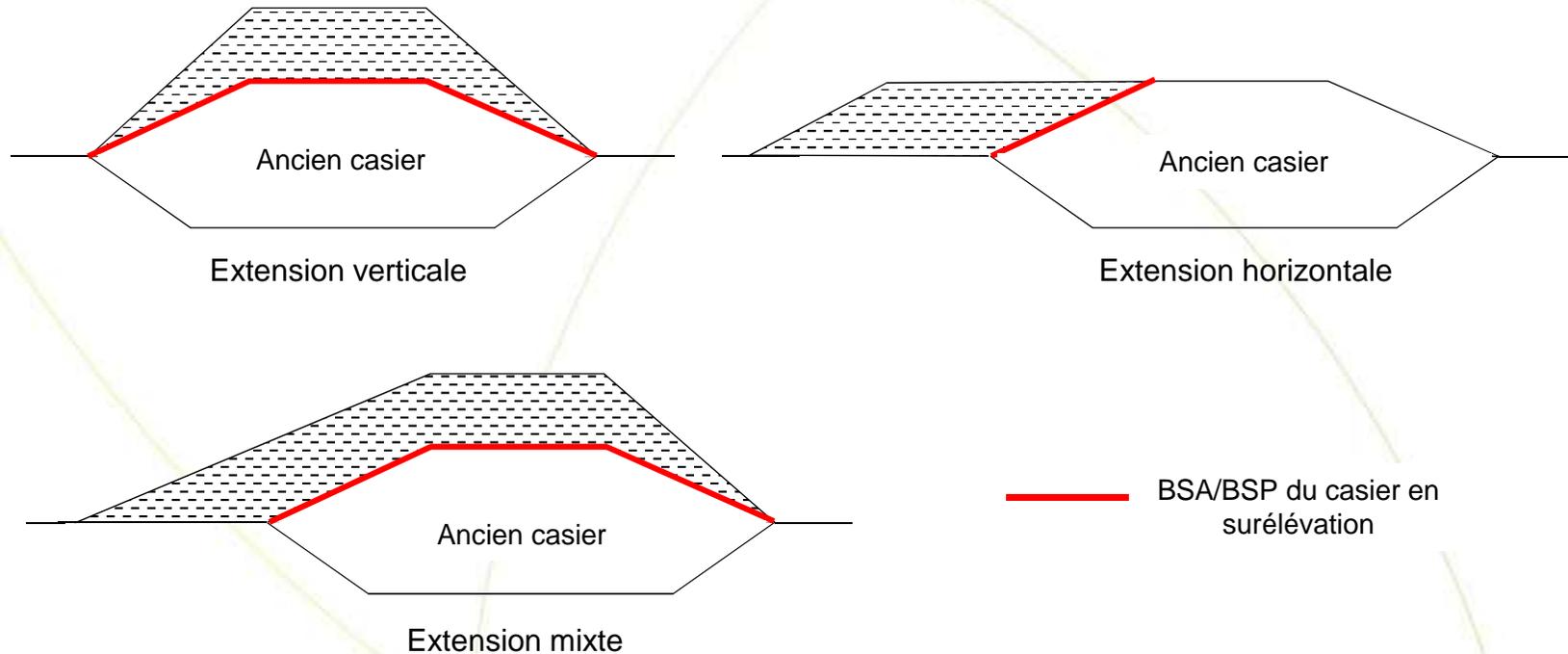
INTRODUCTION

— Dispositif d'étanchéité-drainage par géosynthétiques (DEDG) : barrières BSA/BSP



INTRODUCTION

Différentes configurations d'extension verticale



Associées éventuellement à :

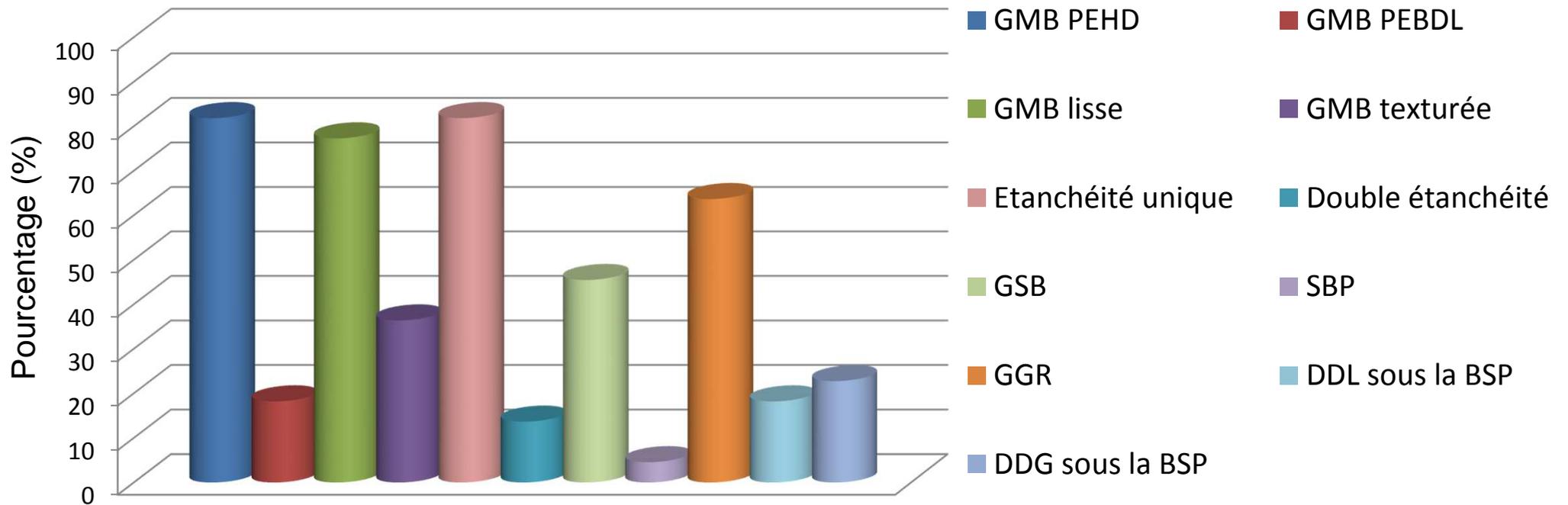
- Configurations vallonnées, tumulus, en flanc
- Soutènement en pied de talus
- Consolidation de sol (PVD par exemple)
- Etc.

PLAN

- ❑ ETAT DE L'ART DES EXTENSIONS D'ISDND
- ❑ PRINCIPAUX ENJEUX ET PROBLEMATIQUES
- ❑ CONCEPTION DES BSA/BSP DES NOUVEAUX CASIERS
- ❑ CAS PRATIQUES : EXPERIENCES DE TERRAIN
- ❑ CONCLUSIONS
- ❑ PERSPECTIVES (Travaux en cours: AM, Guides et R&D)

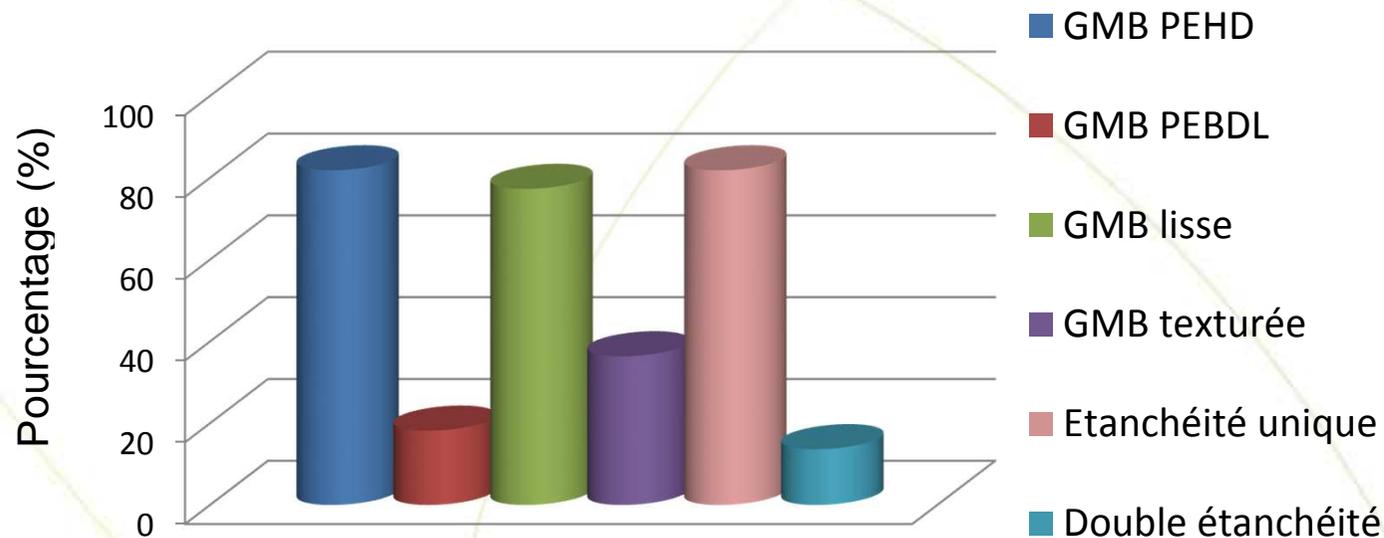
ETAT DE L'ART DES PROJETS D'EXTENSION

22 projets étudiés dans 6 pays de 1987 à 2015



ETAT DE L'ART DES PROJETS D'EXTENSION

22 projets étudiés dans 6 pays de 1987 à 2015



□ Barrière active: Geomembrane (GMB)

⇒ GMB PEHD largement plus utilisée - GMB PEBDL pas utilisée en France

⇒ GMB texturée quand pente importante ? **Vs** Réglementations & recommandations françaises (CFG, 1995; MEDDE, 2007 ; NF XP G38-067)

⇒ Double étanchéité parfois permettant un système de détection de fuite + double protection active

PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

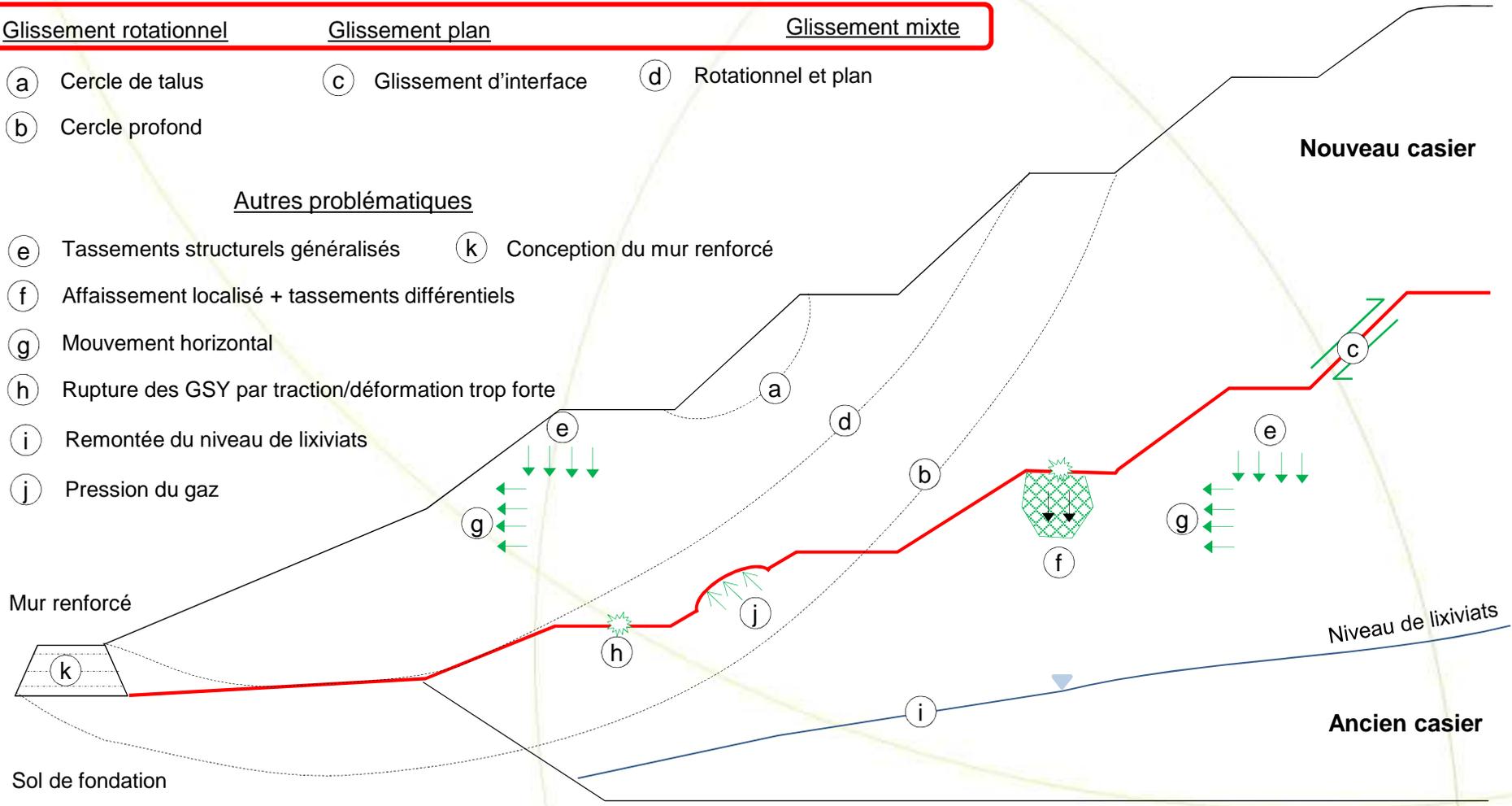
— BSA/BSP du nouveau casier

- | | | |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
| <u>Glissement rotationnel</u> | <u>Glissement plan</u> | <u>Glissement mixte</u> |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------|

- (a) Cercle de talus
- (b) Cercle profond
- (c) Glissement d'interface
- (d) Rotationnel et plan

Autres problématiques

- (e) Tassements structurels généralisés
- (f) Affaissement localisé + tassements différentiels
- (g) Mouvement horizontal
- (h) Rupture des GSY par traction/déformation trop forte
- (i) Remontée du niveau de lixiviats
- (j) Pression du gaz
- (k) Conception du mur renforcé



PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

Glissements



Payatas, 2000 (Philippines)
Kolsch and Ziehmman (2004)

Autre rupture

Kettleman Hills, 1988 (Californie)
<http://people.engr.ncsu.edu/barlaz/Lectures/15lf6.pdf>



PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

Glissements

Mécanisme

- ❑ Mouvements progressifs ou brutaux

Principales causes

- ❑ Pentes intérieures et extérieures relativement fortes (parfois $> 2H/1V$)
- ❑ Niveau de lixiviats élevé & pressions gazeuses
- ❑ Plusieurs interfaces (typiquement entre 3 et 5 selon le nombre de GSY)
- ❑ $\phi_{\text{résiduel}}_{\text{GTX-GMB}} = 6 \text{ à } 14^\circ$ selon le type de GMB
- ❑ Fortes charges dues au rechargement (parfois $> 30 \text{ m}$)

Particularités

- ❑ Glissements plans : 1^{ère} cause d'instabilité en ISDND (*Koerner et Soong, 2000 ; Bergado et al., 2006*)
- ❑ Glissements rotationnel, plan et mixte doivent être vérifiés

PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

— BSA/BSP du nouveau casier

Glissement rotationnel

- (a) Cercle de talus
- (b) Cercle profond

Glissement plan

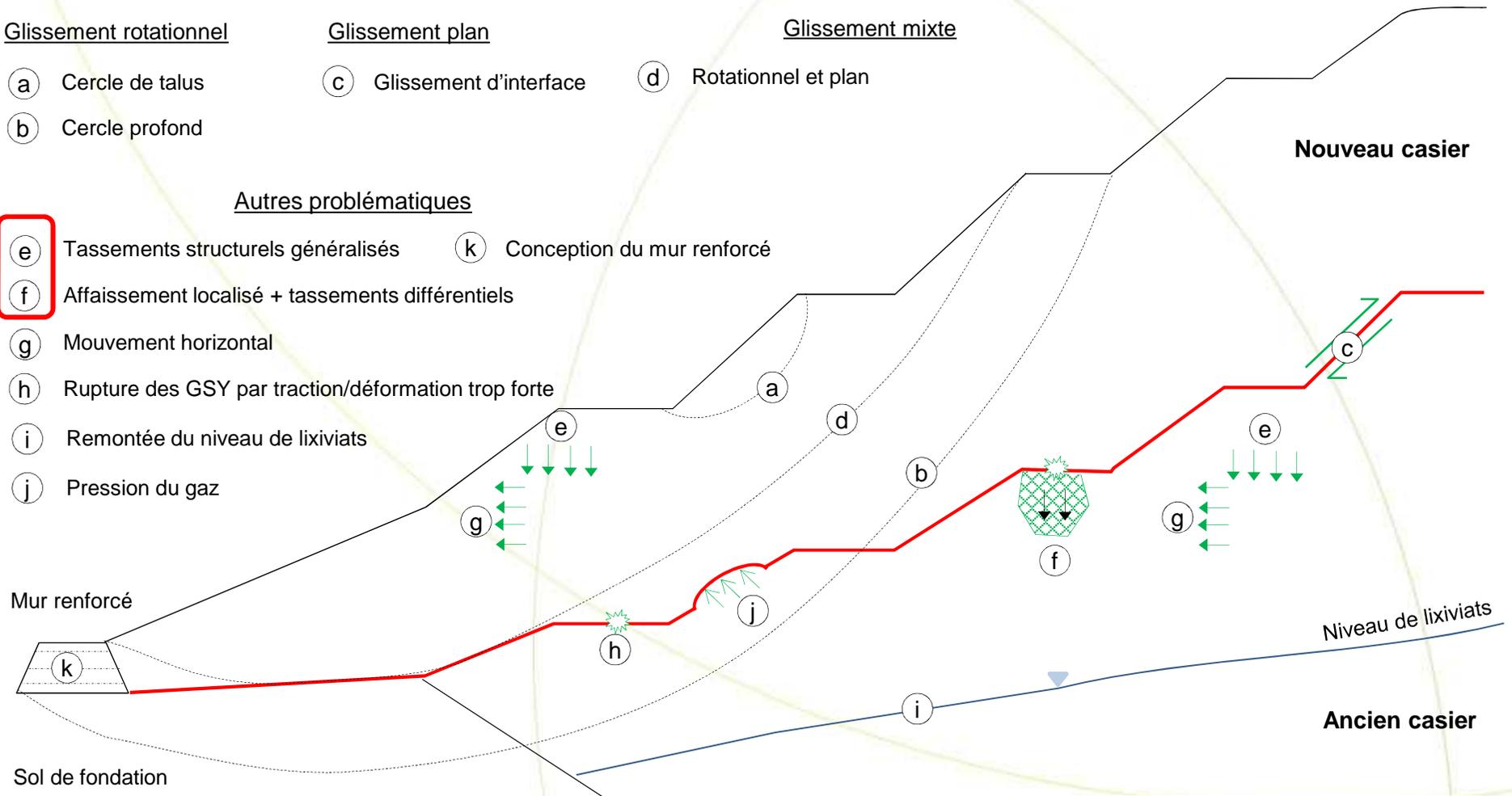
- (c) Glissement d'interface

Glissement mixte

- (d) Rotationnel et plan

Autres problématiques

- (e) Tassements structurels généralisés
- (f) Affaissement localisé + tassements différentiels
- (g) Mouvement horizontal
- (h) Rupture des GSY par traction/déformation trop forte
- (i) Remontée du niveau de lixiviats
- (j) Pression du gaz
- (k) Conception du mur renforcé



PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

Tassements

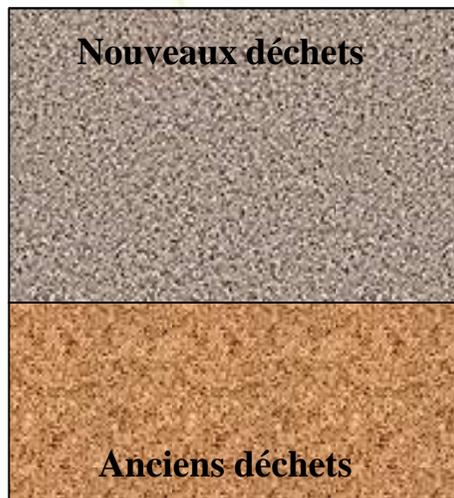


Ademe (2005)

PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

Tassements

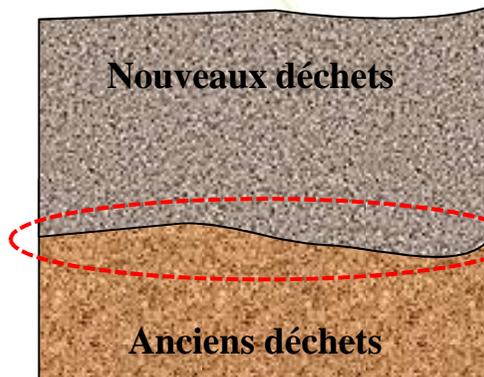
De quoi parle t'on?



PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

Tassements

De quoi parle t'on?



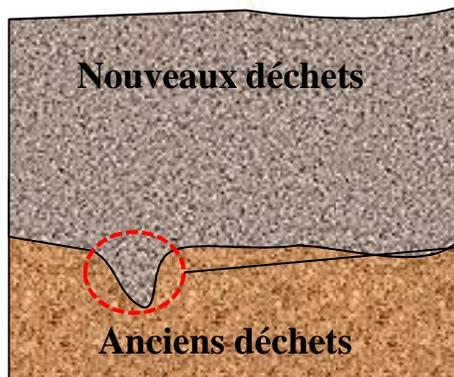
Tassements structurels
« à grande échelle »

- ➔ Concernent l'ensemble du massif
- ➔ Actions mécaniques
- ➔ Actions bio/physico-chimiques
- ➔ Primaire (=f(contrainte))
- ➔ Secondaire (=f(temps) long terme 30 ans)
- ➔ Modèle ISPM [Olivier (2003), ADEME (2005)]

PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

Tassements

De quoi parle t'on?



Tassements ponctuels
« à petite échelle »

- ➔ Localisés au droit de points singuliers (points durs, infiltrations d'eau, puits de biogaz, etc.)
- ➔ Exemple : taux d'humidité non homogène dans les déchets (couvertures défectueuses, bioréacteurs avec recirculation mal répartie)
- ➔ Typiquement 1-3 m de diamètre

⇒ Mise en œuvre d'un GSY de renforcement

PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

— BSA/BSP du nouveau casier

Glissement rotationnel

- (a) Cercle de talus
- (b) Cercle profond

Glissement plan

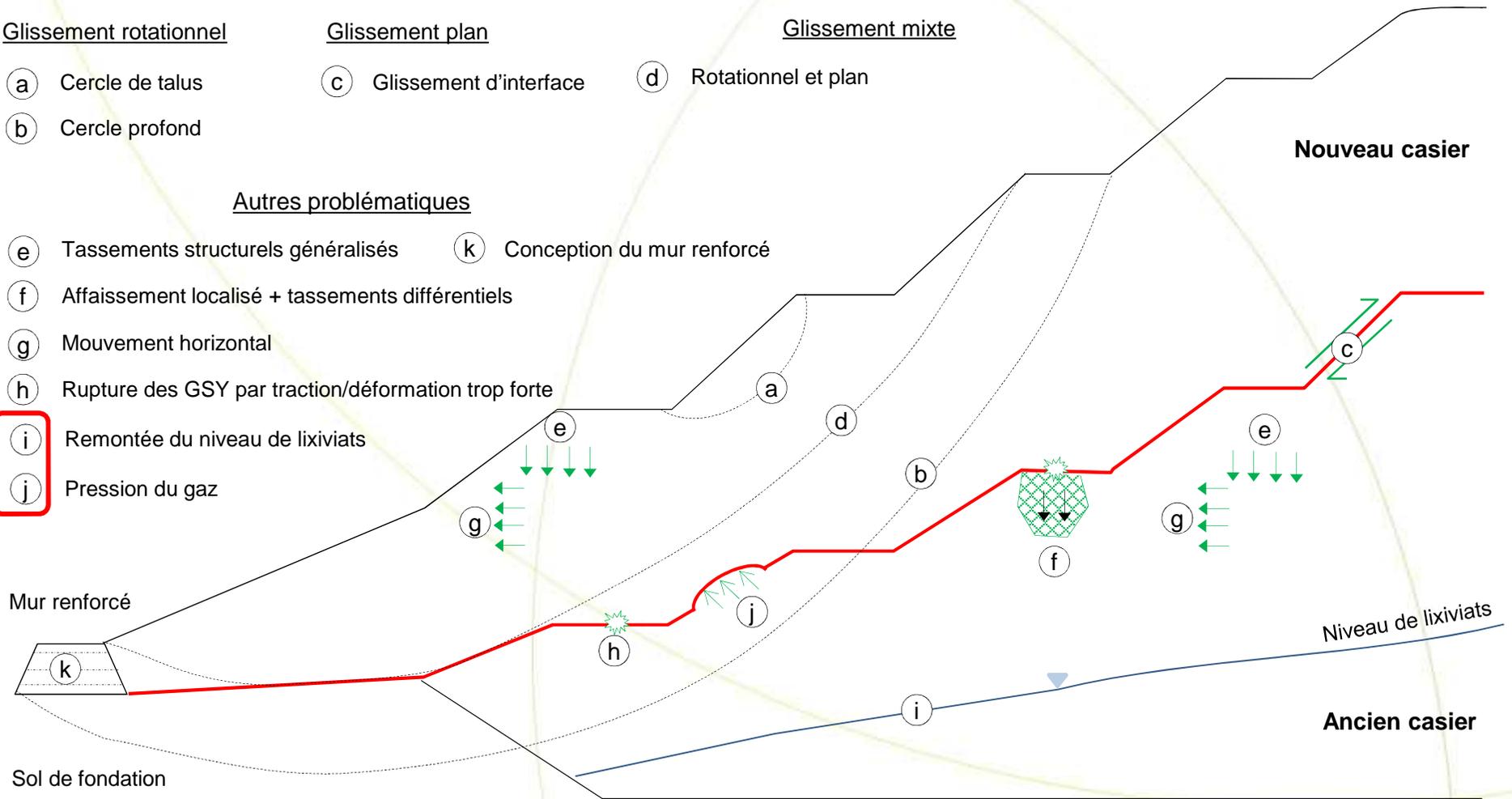
- (c) Glissement d'interface

Glissement mixte

- (d) Rotationnel et plan

Autres problématiques

- (e) Tassements structurels généralisés
- (f) Affaissement localisé + tassements différentiels
- (g) Mouvement horizontal
- (h) Rupture des GSY par traction/déformation trop forte
- (i) Remontée du niveau de lixiviats
- (j) Pression du gaz
- (k) Conception du mur renforcé



PRINCIPALES PROBLEMATIQUES

Sous-pressions liquide et gazeuse

Vogt (2006)



Lorsque des risques de sous-pressions sont avérés, il est nécessaire de prévoir un DDL-G des lixiviats et gaz

CONCEPTION DES BSA/BSP DES NOUVEAUX CASIERS

Géosynthétique de renforcement

Dimensionné selon Giroud et al. (1990) ou Jones et Pine (2001) ou BS 8006-1 (2010) ou EBGEO (2010)

Principaux critères de choix

GGR

Interlocking (imbrication grains sol)

GTX

Frottement

PVA semble le mieux adapté

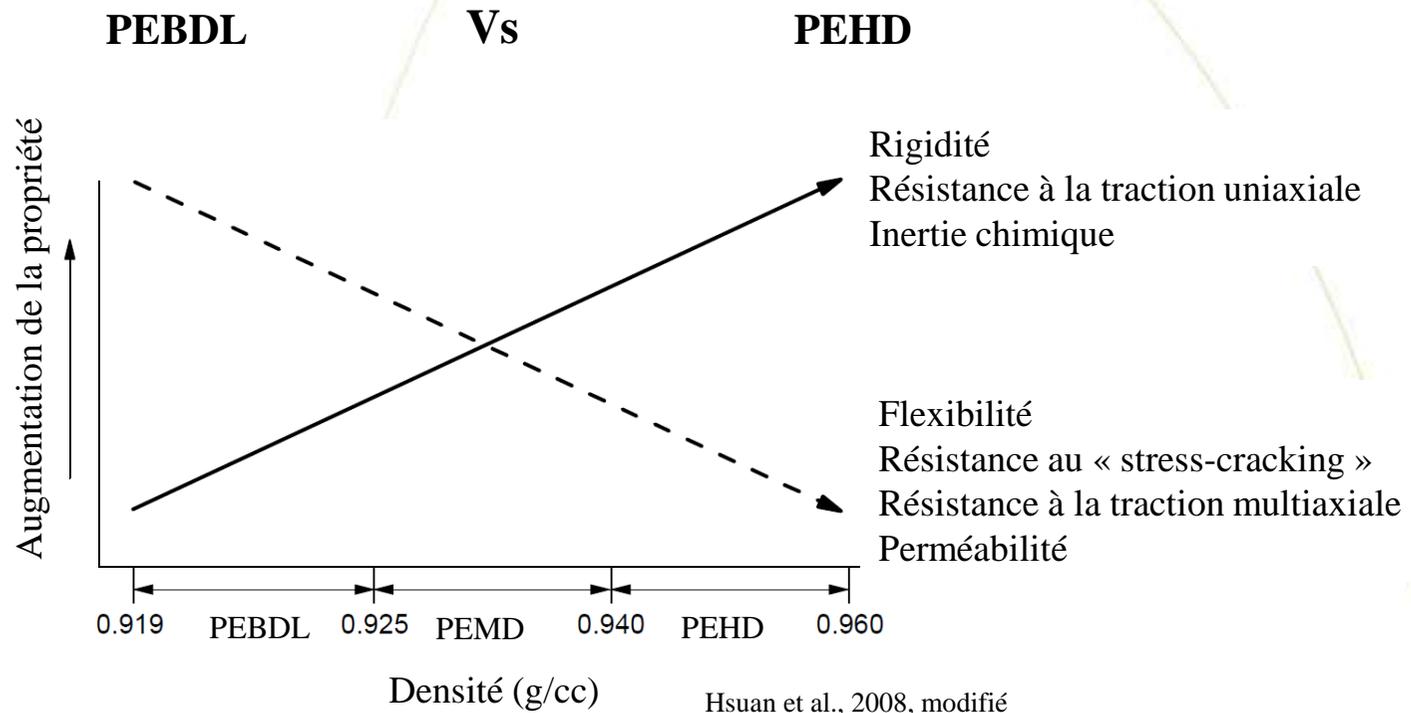
- ✓ Forte raideur résiduelle du produit (à long terme)
 - ✓ Fluage à des $T^{\circ} > 30^{\circ} C$
 - ✓ Bonne résistance chimique à un pH basique (jusqu'à 9)  Polyester (PET) et Aramide (Ar) Cf. ISO/TR 20432:2007
XP G 38 064: 2010
 - ✓ Facilité d'installation
 - ✓ Faible endommagement
 - ✓ Bonne résistance aux UV (surtout si le produit n'est pas recouvert rapidement)
- Polypropylène (PP) et polyéthylène (PE) car généralement plus sensibles
Cf. Travaux de Kongkitkul and Tatsuoka, 2006 ; Kongkitkul et al., 2012
et coefficients réducteurs XP G 38-064

CONCEPTION DES BSA/BSP DES NOUVEAUX CASIERS

Géomembrane

Principaux critères de choix

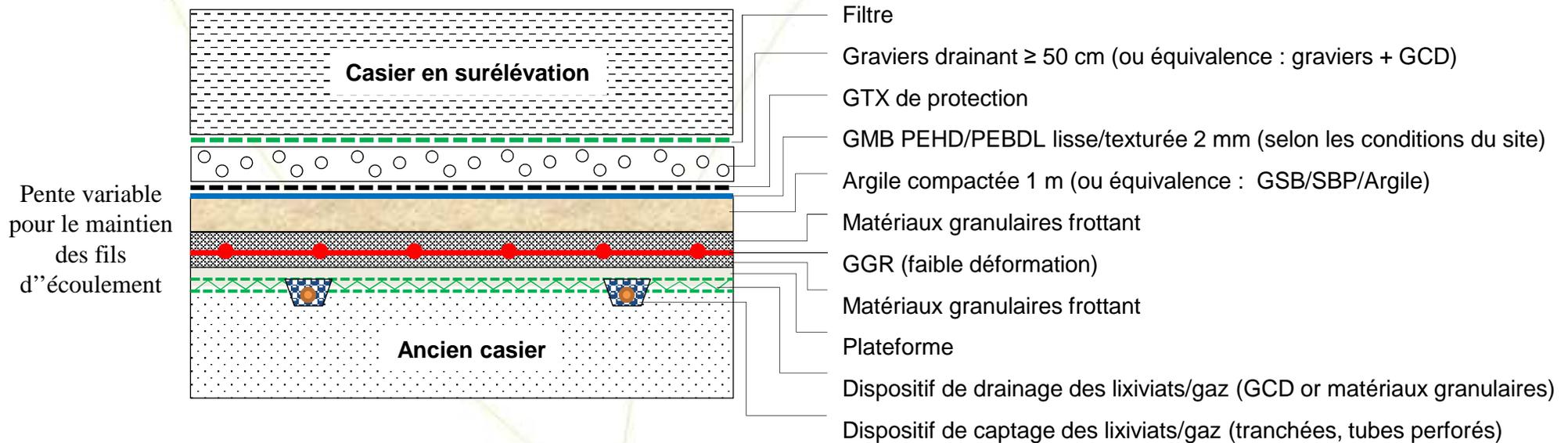
- ✓ Bonne inertie chimique ~~PVC~~
- ✓ Résistance mécanique et résistance à la déchirure ~~PVC~~ ~~PP~~ ~~EPDM~~
- ✓ Flexibilité



Inertie chimique vis-à-vis des lixiviats: PEBDL \approx PEHD (Simpson et John, 1997)

CONCEPTION DES BSA/BSP DES NOUVEAUX CASIERS

Coupe type



Tano et al., 2015

Geosynthetics 2015, February 15-18, Portland, Oregon, USA

Remarques :

Cette coupe inspirée des pratiques sécuritaires courantes et de l'expérience des auteurs, reste indicative.

Puisque chaque projet d'extension est unique, la conception de toute la barrière + choix des GSY doit être adaptée à chaque site.

CAS PRATIQUES : EXPERIENCES DE TERRAIN

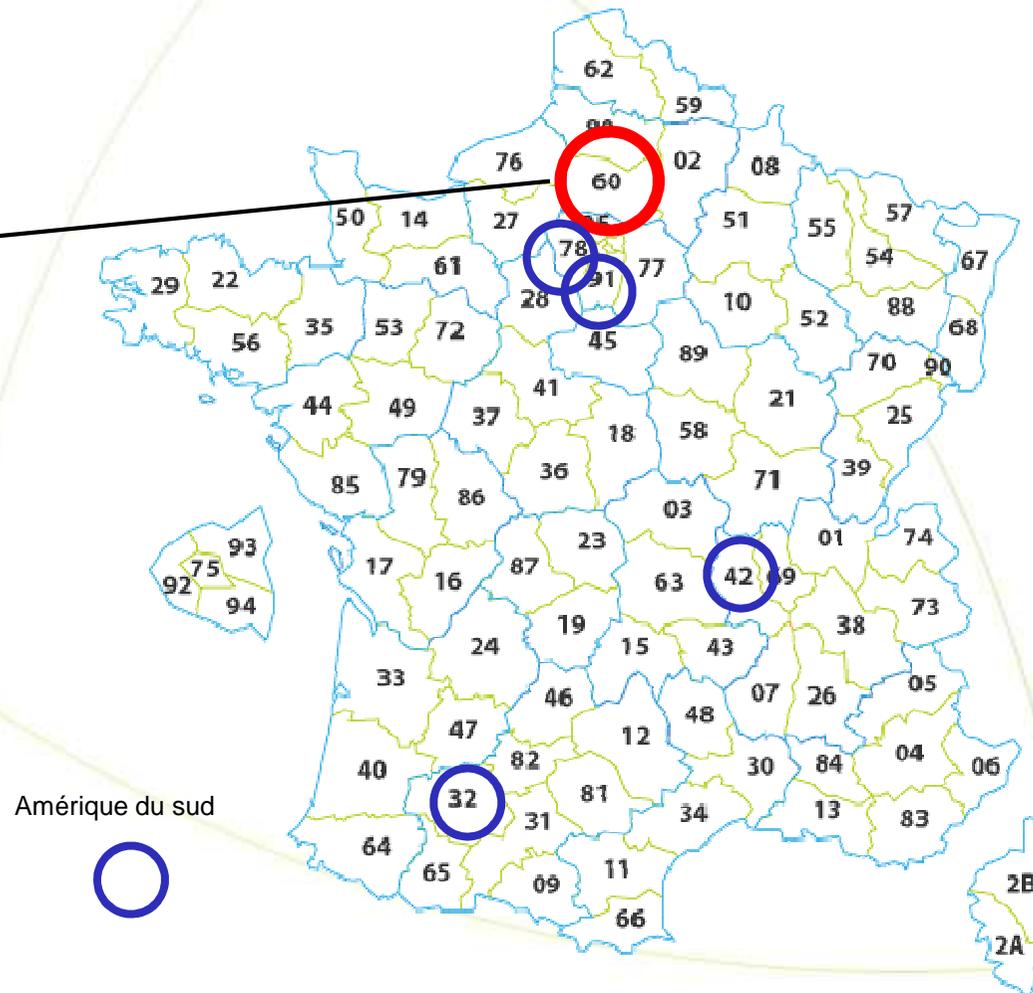
France, Crépy-en-Vallois (60)

ISDND de Crépy-en-Vallois (60)

Exploitant : K2O, filiale de Sita-Suez Environnement IDF

Fourniture des géogrilles de renforcement : HUESKER

Pose des géogrilles de renforcement : GEOBTP

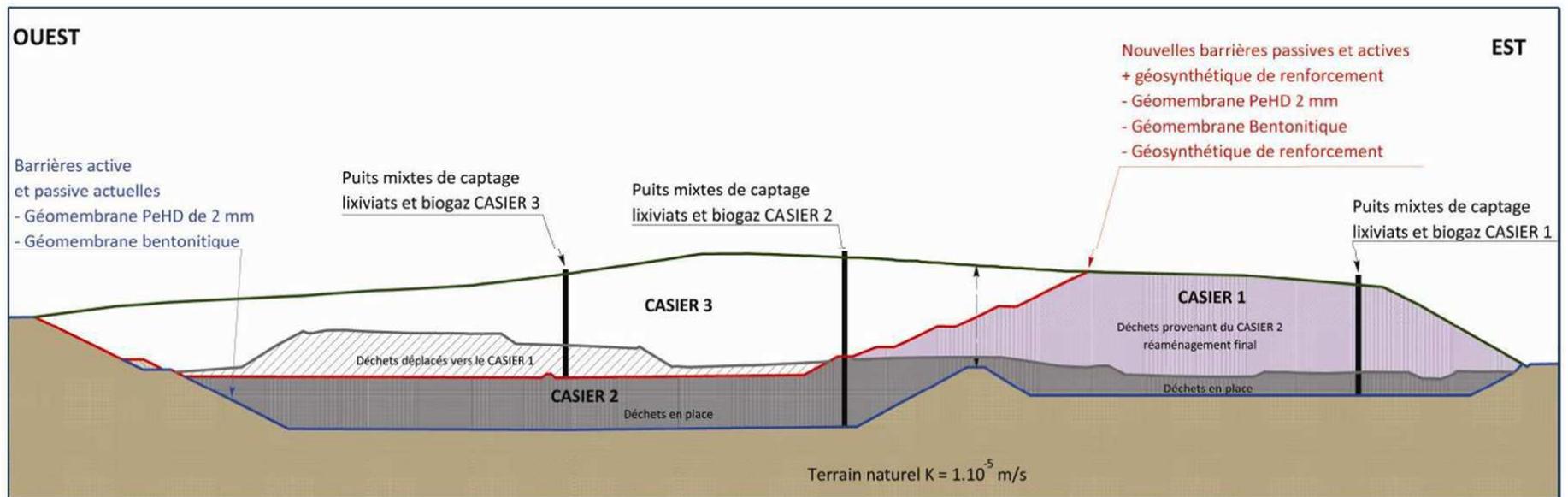


CAS PRATIQUES : EXPERIENCES DE TERRAIN

France, Crépy-en-Vallois (60)

Exploitée depuis 1978

3 casiers

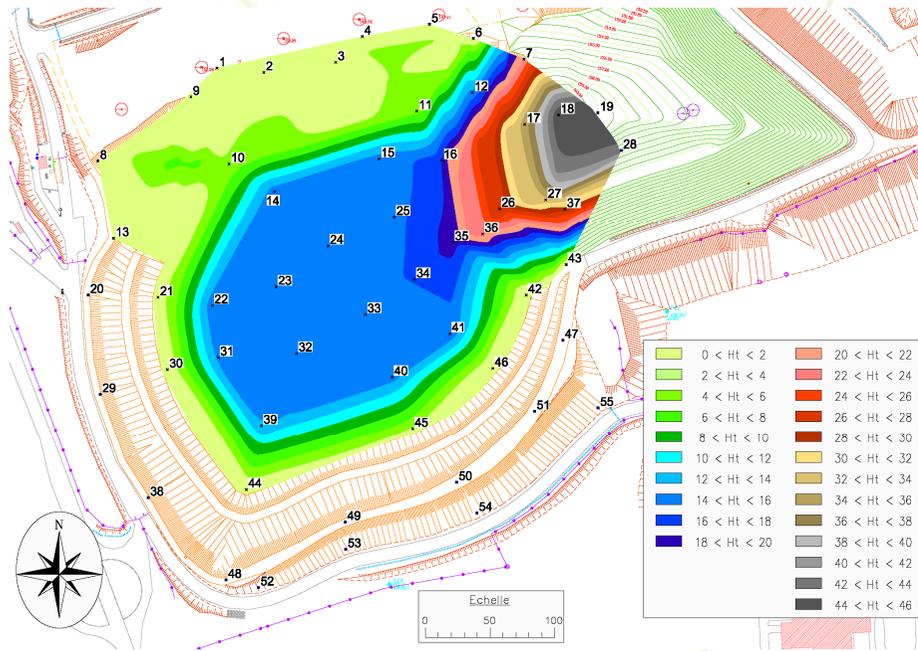


CAS PRATIQUES : EXPERIENCES DE TERRAIN

France, Crépy-en-Vallois (60)

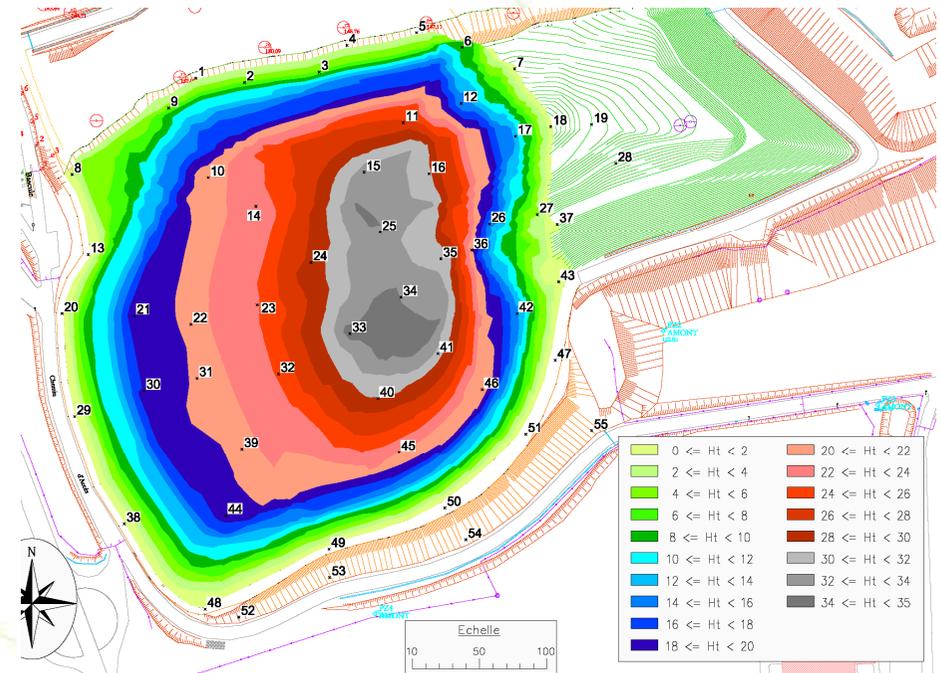
Hauteur max = 45 m

Anciens déchets



Hauteur max = 35 m

Nouveaux déchets



CAS PRATIQUES : EXPERIENCES DE TERRAIN

France, Crépy-en-Vallois (60)

Calcul des tassements (ISPM)

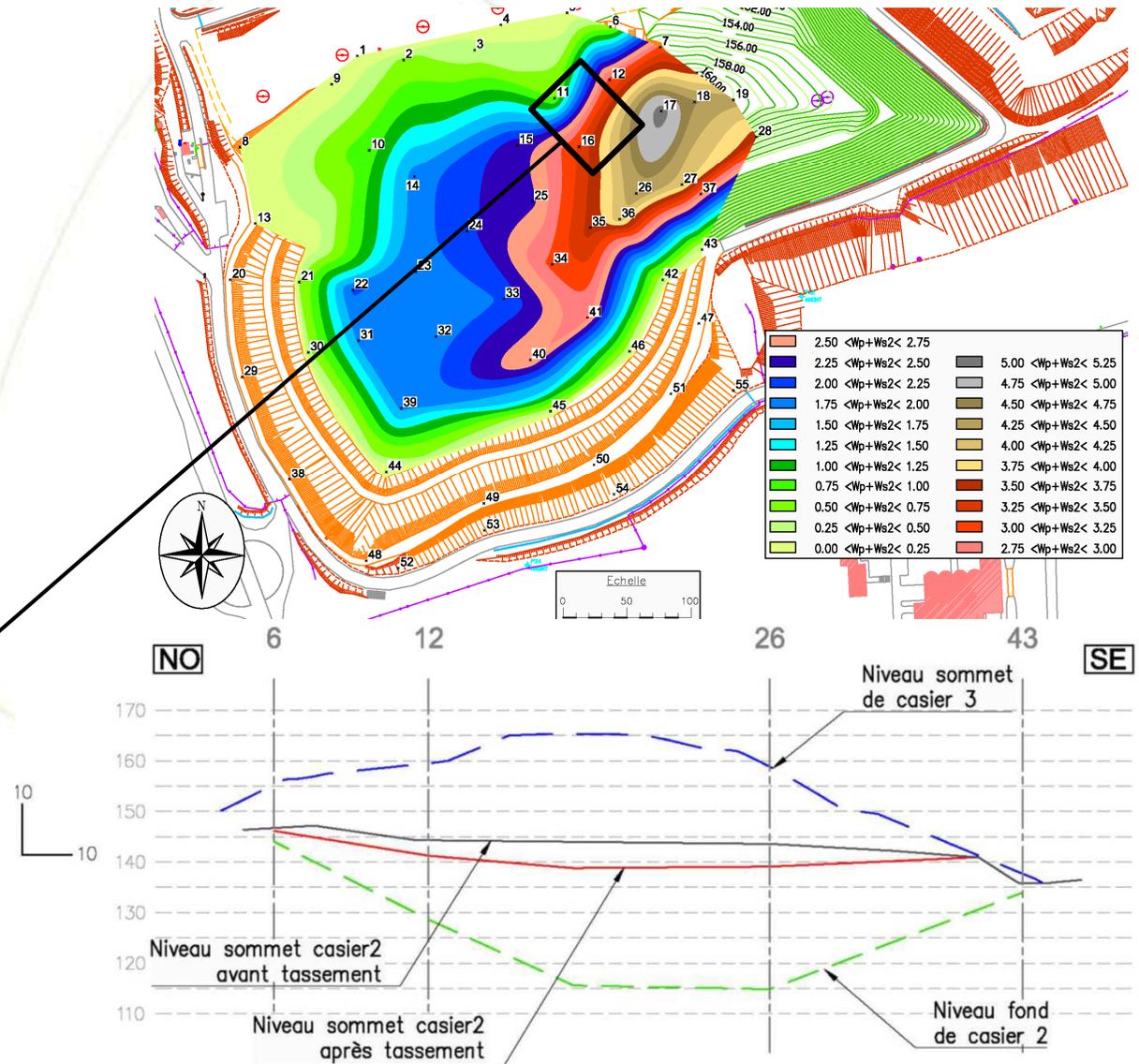
Anciens déchets

0,5 m < Tassements I^{re} < 2 m

1 m < Tassements II^{re} < 3,5 m

Max tassements I^{re} + II^{re} ≈ 5 m
9% de H_anciens_déchets

Tassements différentiels



CAS PRATIQUES : EXPERIENCES DE TERRAIN

France, Crépy-en-Vallois (60)



- ❑ Recouvrement longitudinaux plus adaptés que des ancrages classiques en tranchées
- ❑ Plis d'aisance / sillons (zones de fortes tractions)

CONCLUSIONS

- ❑ **Augmentation du nombre de projets d'extension dans le monde**
Avantages (gain volumétrique, optimisation des infrastructures existantes, économique, etc.).
- ❑ **22 BSA/BSP d'extension d'ISDND étudiées dans 6 pays de 1987 à 2015**
Pratiques non sécuritaires, problématiques clés ignorées, différences notables dans la conception.
- ❑ **Recommandations générales pour le choix des GSY des nouvelles BSA/BSP**
Raideur, fluage, T° , inertie chimique, flexibilité, etc.
- ❑ **Manque manifeste de cadre réglementaire et de recommandations spécifiques aux extensions d'ISDND**
Le guide rehausse, X30-438 et le nouvel AM 2015 devraient permettre de fixer un certain nombre d'exigences techniques
- ❑ **Amélioration des connaissances actuelles expérimentations numériques et instrumentations de sites pilotes**
Meilleure connaissance du comportement des BSA/BSP des casiers en rehausse.

PERSPECTIVES (Cadre réglementaire)

❖ AM 2015 (en consultation)

- ❑ Nouvelle BSA/BSP si BSA/BSP existante pas conforme à l'article 8 de l'AM
- ❑ Extension possible si les tassements n'altèrent pas l'intégrité des BSA/BSP

❖ Guide rehausse

- ❑ Groupe de travail : organismes publics, BE, entreprises GSY, exploitants ISDND, associations
- ❑ Fixer les conditions pour une extension en appui (*par exemple uniquement possible sur massif de déchets stabilisé*)
- ❑ Lister les problématiques, les paramètres à acquérir pour un projet d'extension
- ❑ Recommandations pour l'étude technique de faisabilité

❖ Guide technique X 30-438 (hydro-géotechnique)

- ❑ Groupe de travail : organismes publics, BE
- ❑ Lister les méthodes de reconnaissance hydro-géotechnique
- ❑ Proposer des densités de sondages et d'essais lors des investigations

PERSPECTIVES (R&D)

Objectifs

- ❑ Compréhension plus approfondie du comportement des BSA/BSP des casiers en rehausse
- ❑ Identification des phases critiques et des mécanismes de glissement

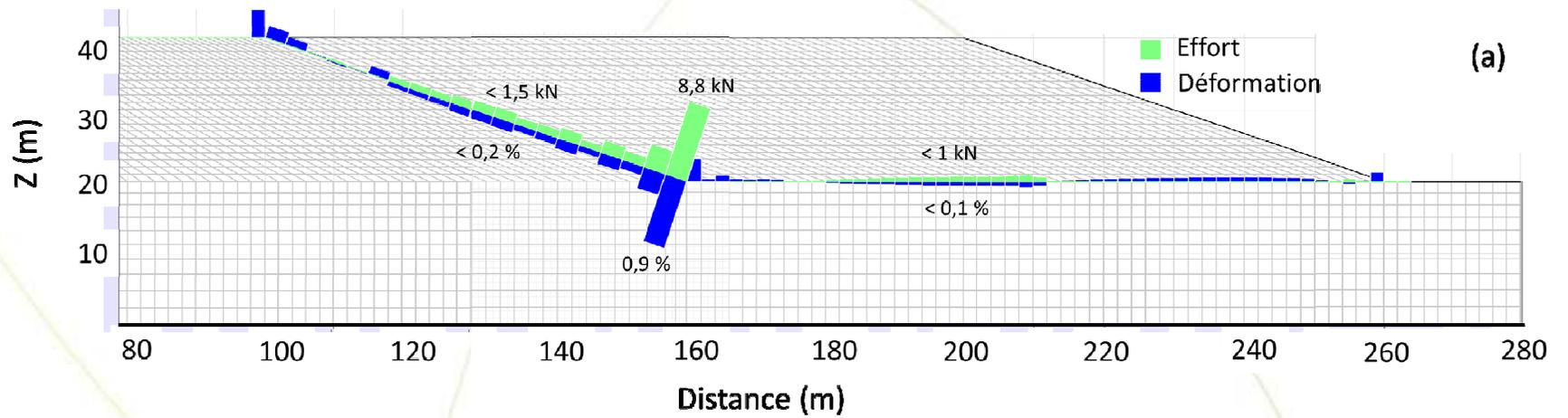
Moyens

- ❑ Modélisation numérique
- ❑ Expérimentations de laboratoire semi-grandeur

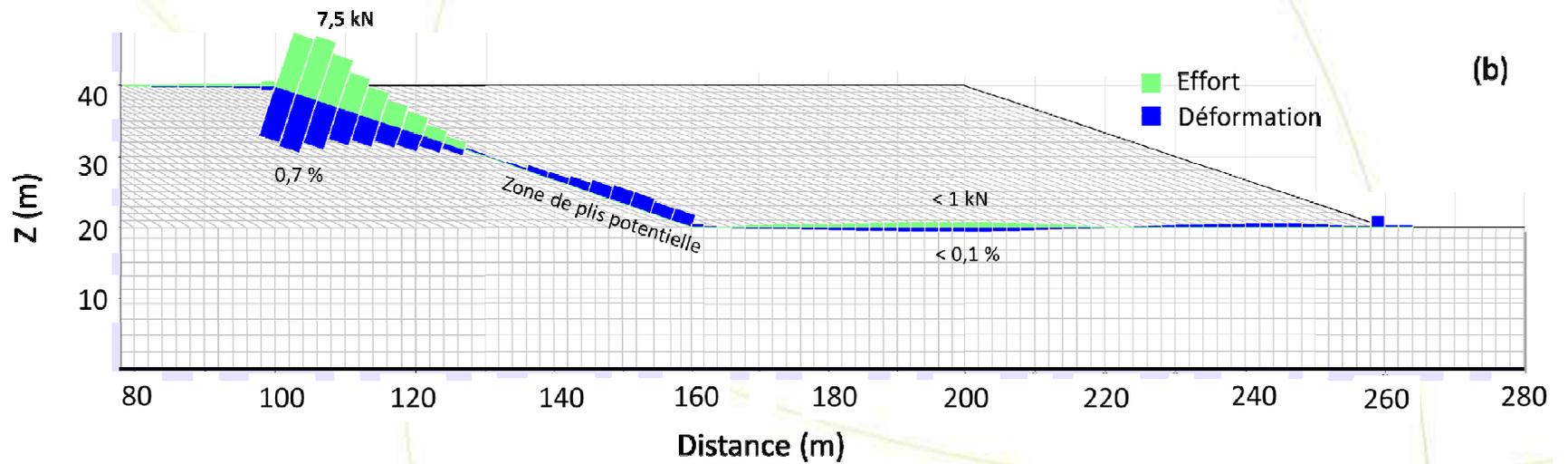
PERSPECTIVES (R&D)

Recherche expérimentale et numérique

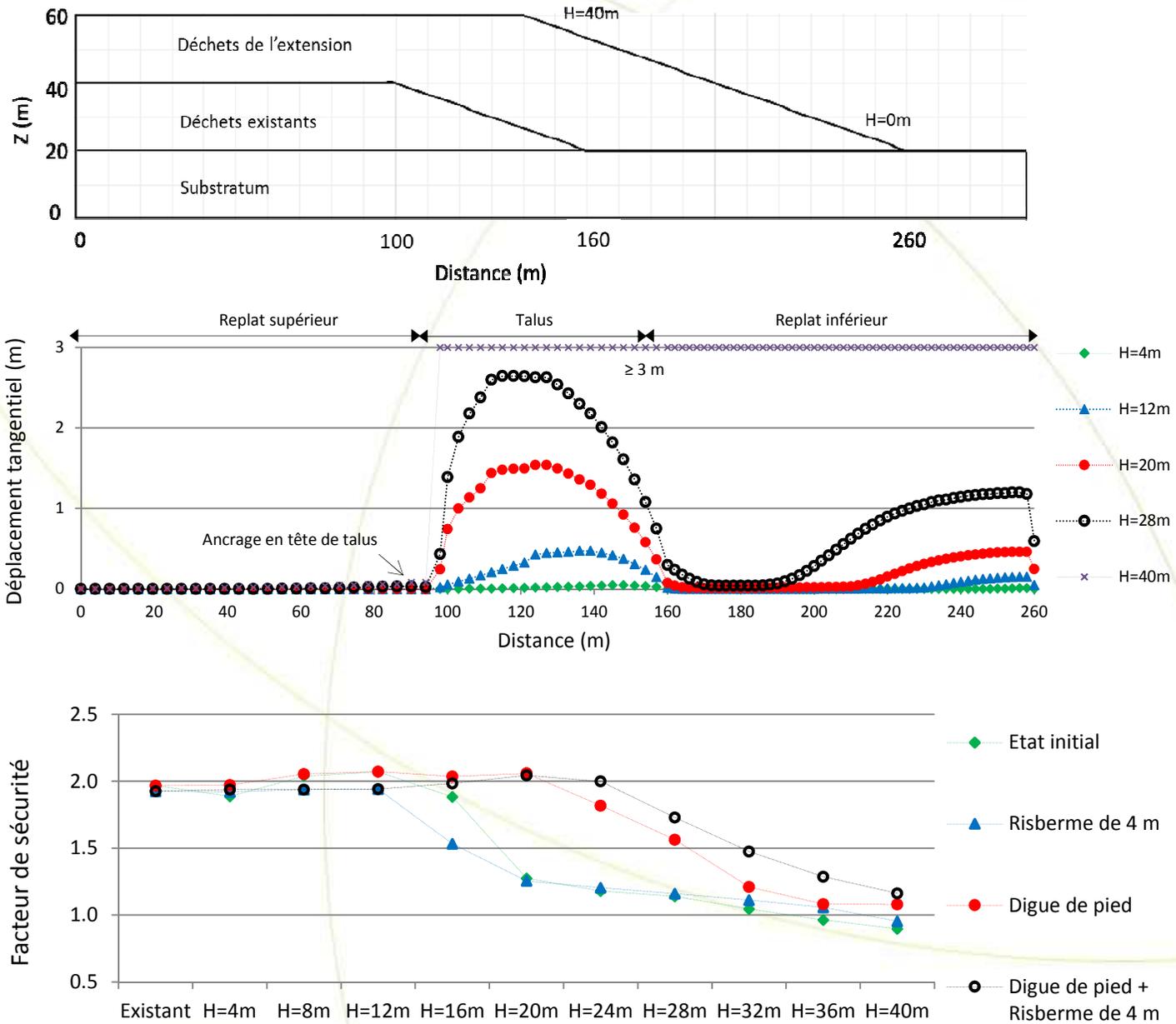
GMB lisse H=20m
Interface I2:GTX-GMB



GMB double texturée H=20m
Interface I2:GTX-GMB

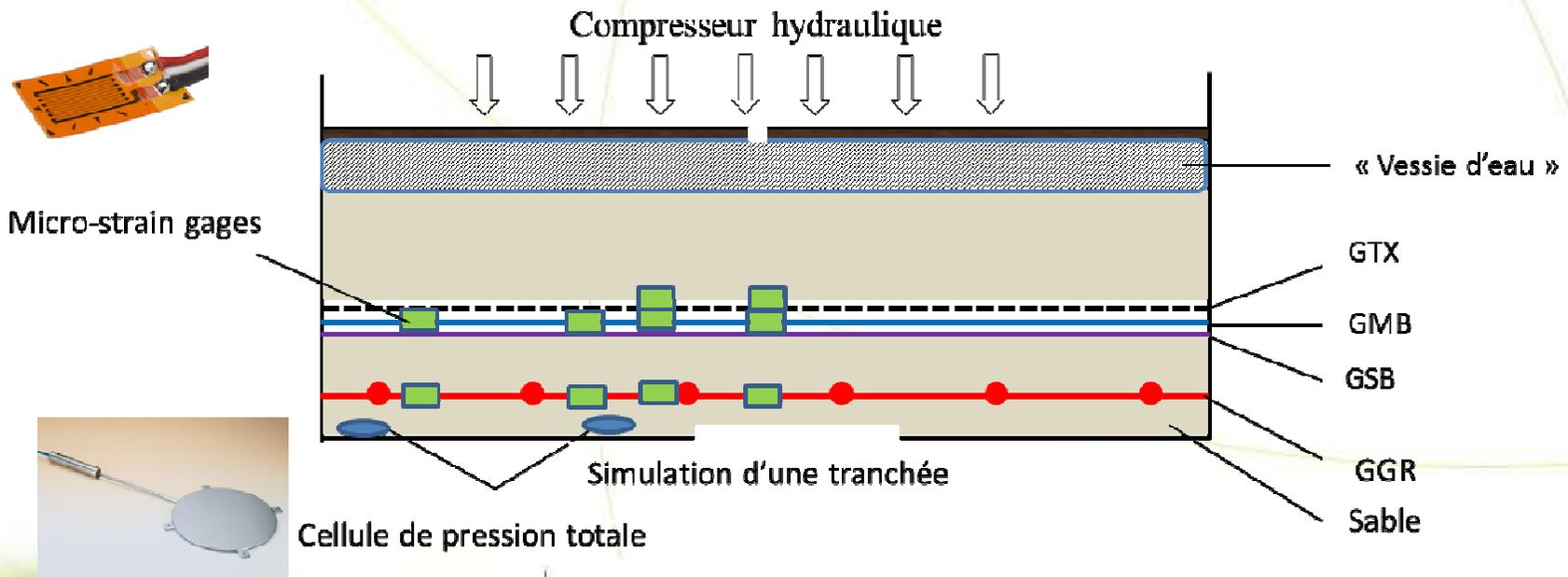
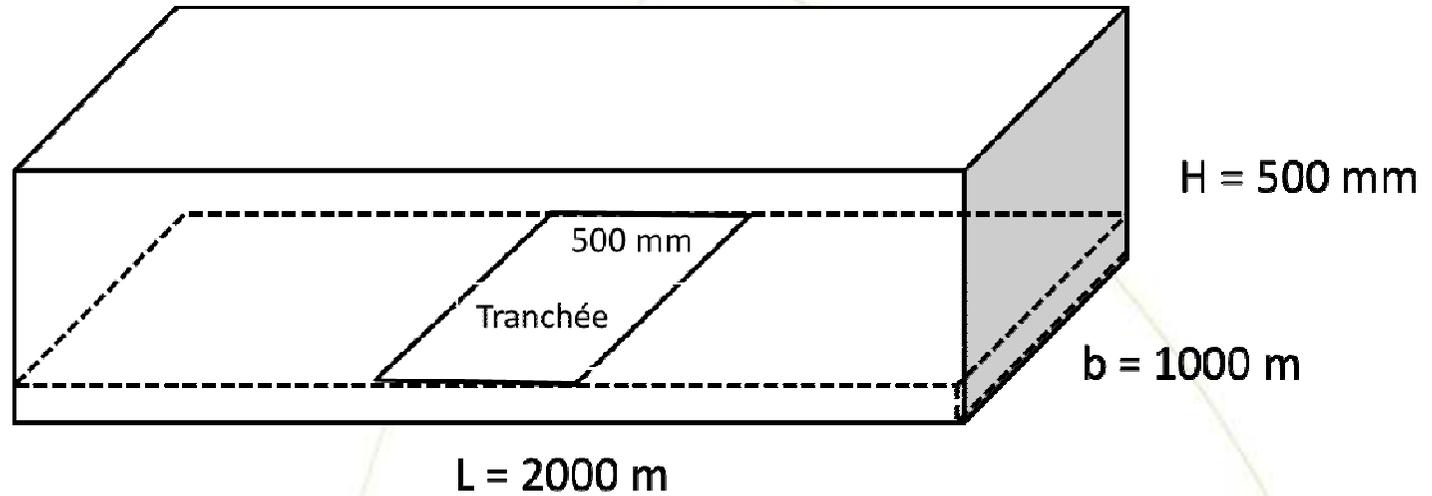


PERSPECTIVES (R&D)



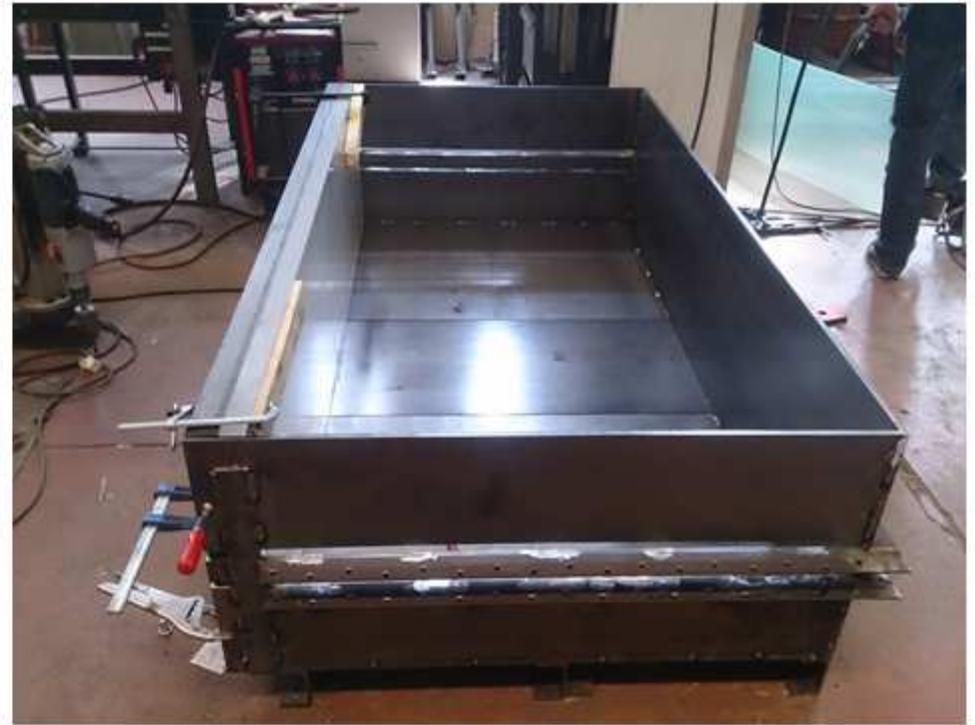
PERSPECTIVES (R&D)

Recherche expérimentale et numérique



PERSPECTIVES (R&D)

Recherche expérimentale et numérique



Merci de votre attention



Journée technique CFMS-CFG 2015
« Les Géosynthétiques et leurs applications »

QUELQUES PROBLÉMATIQUES LIÉES À LA CONSTRUCTION DE CASIERS DE STOCKAGE DE DECHETS EN SURELEVATION D'ISDND EXISTANTES

Présenté par Francis TANO (Irstea, Ecogeos)

francis.tano@irstea.fr / @ecogeos.fr

Nathalie Touze-Foltz (Irstea)

Franck Olivier (Ecogeos)

Daniel Dias (3SR)



Paris, 30 septembre 2015