

STABILITÉ DES SITES D'ENFOUISSEMENT DES DÉCHETS MUNICIPAUX

CAS D'ÉTUDE DU SITE DE DOÑA JUANA

Bernardo Caicedo

Professeur Associé
Universidad de los Andes
Bogotá, Colombie

Professeur invité
LCPC
Nantes

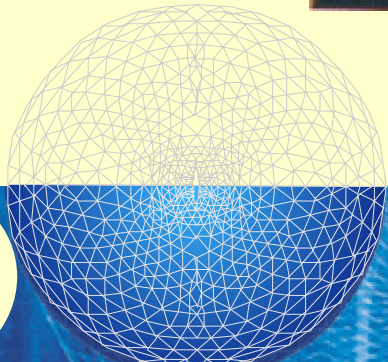


Universidad de los Andes

Facultad de
Ingeniería

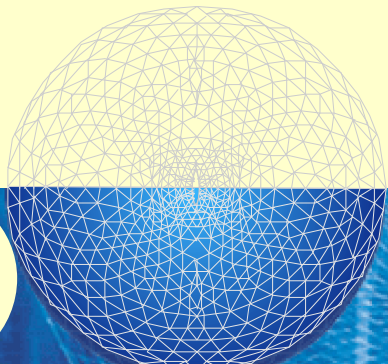
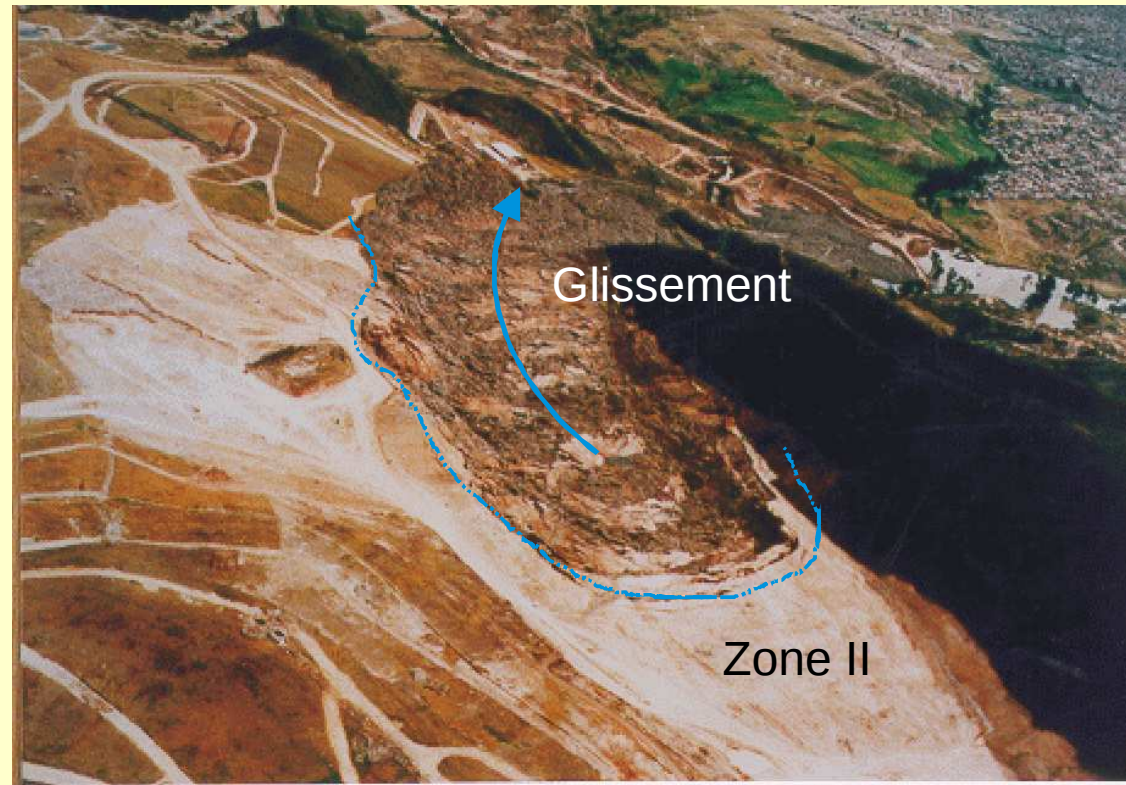
SITE DE “DOÑA JUANA” BOGOTÁ

- Doña Juana: site d'enfouissement des déchets de la ville de Bogotá
- 5000 t/jour en 1997
- Septembre 1997 un glissement de 800.000 t

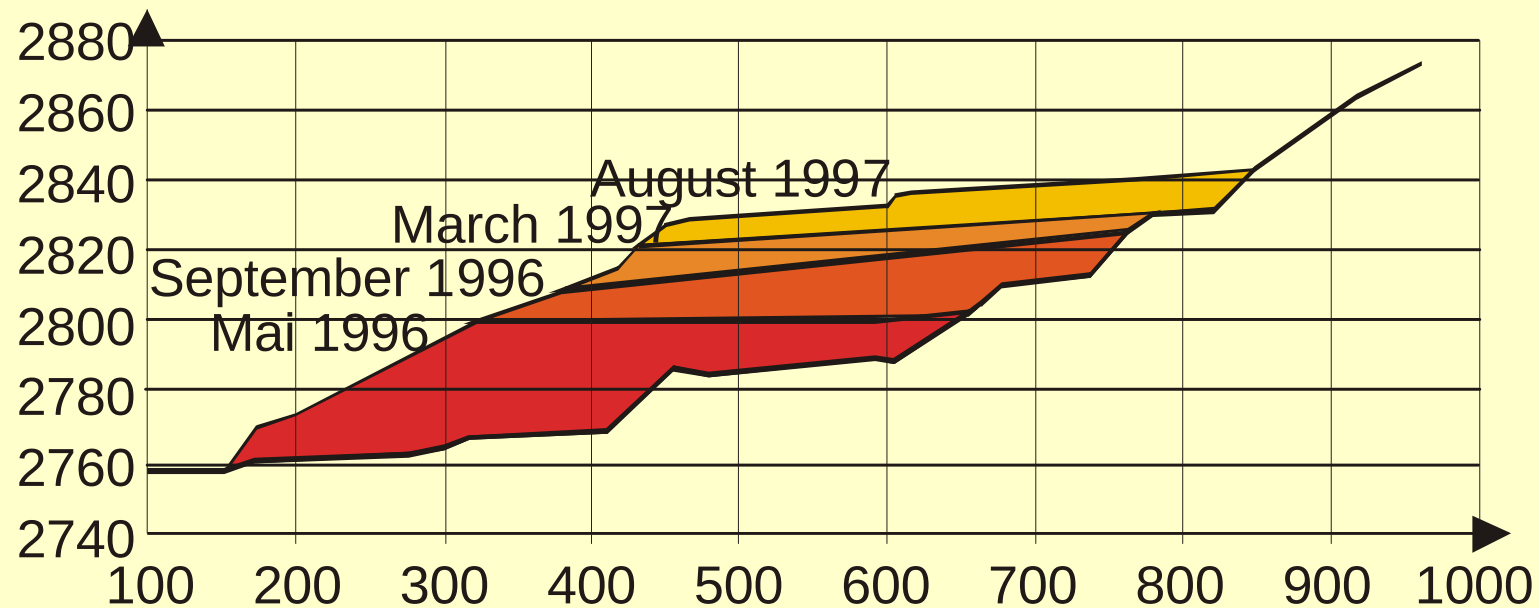


PLAN

- Description générale du site de Doña Juana
- Propriétés mécaniques des déchets
- Modélisation et calcul de stabilité
- Travaux de confortement (zone Mansion)
- Conclusions



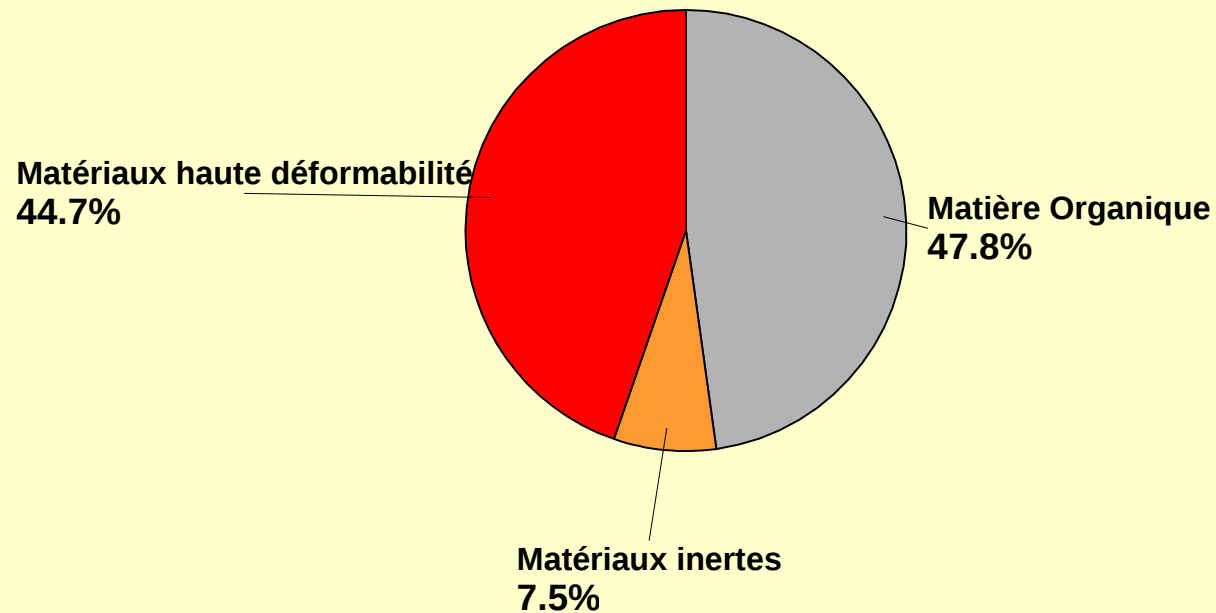
Description générale



- Étanchéité: Géomembrane + argile compactée + couche drainante sable
- Couches 2.5 m déchets + couverture journalière argile compactée
- Puits d'extraction de gaz tous les 50 m
- Pente 3 horizontale, 1 verticale
- Trois mois avant le glissement, injection des lixiviâts



Composition déchets



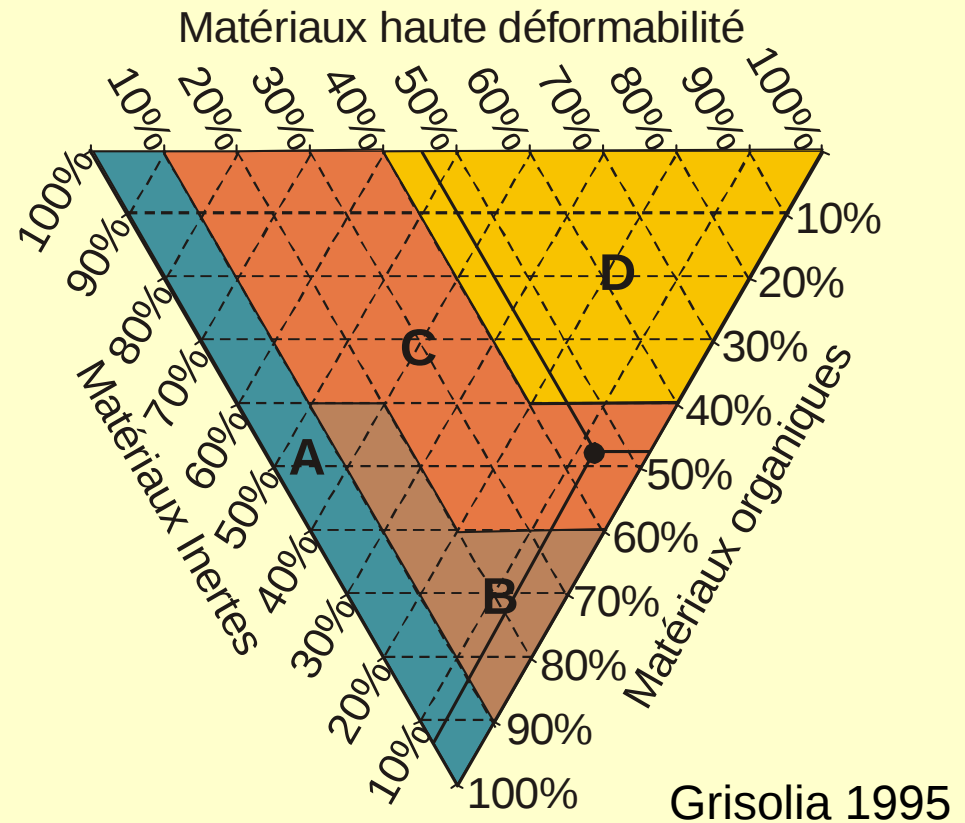
Matériaux Inertes	Matériaux haute déformabilité	Matériaux organiques
Sols Métaux Verre Matériaux démolition	Papier Carton Tissus Caoutchouc Plastique	Matière organique végétale Matière organique animale



Composition des déchets

CARACTERISTIQUES DE BASE

Poids volumique	9.1 kN/m ³
Perméabilité	3*10 ⁻³ cm/s
Teneur en eau	67 %

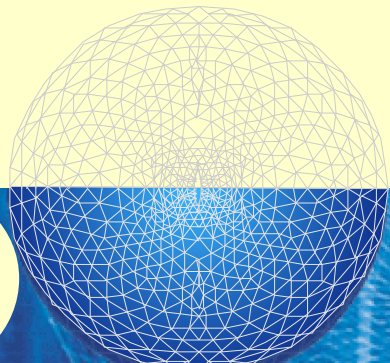


A: Asie du sud-est
B: Pays Méditerranéens
C: Europe du Nord et Centre
D: USA, Canada, Japon

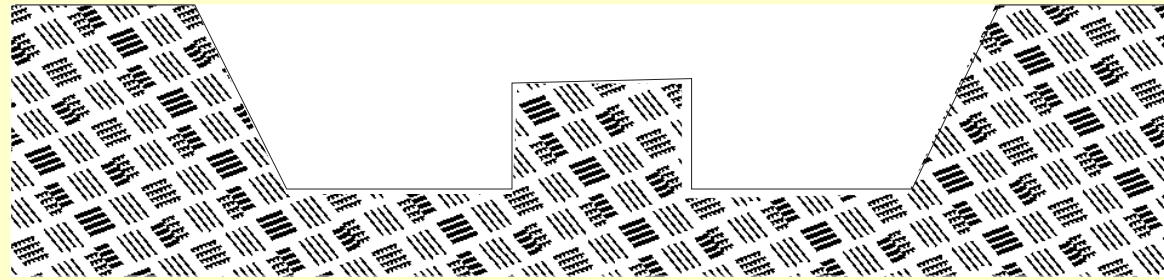


Étude des propriétés mécaniques

- Boîte de cisaillement in situ 0.9 m diamètre
- Phicomètre (Philliponat)
- Boîte de cisaillement au laboratoire (0.3*0.3 m)
- Triaxial grande taille 0.3 m diamètre – 0.6 m hauteur



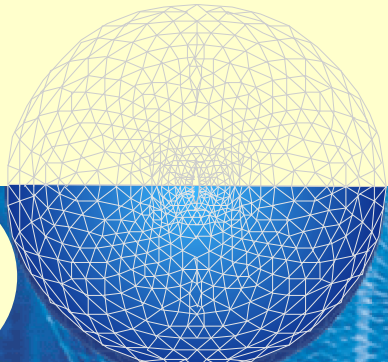
Cisaillement in situ



Cisaillement in situ

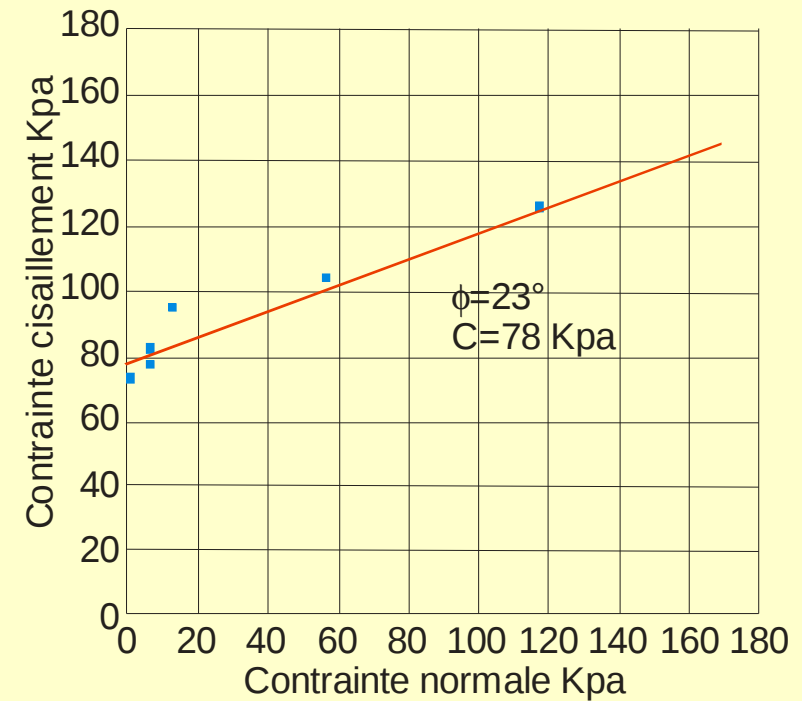
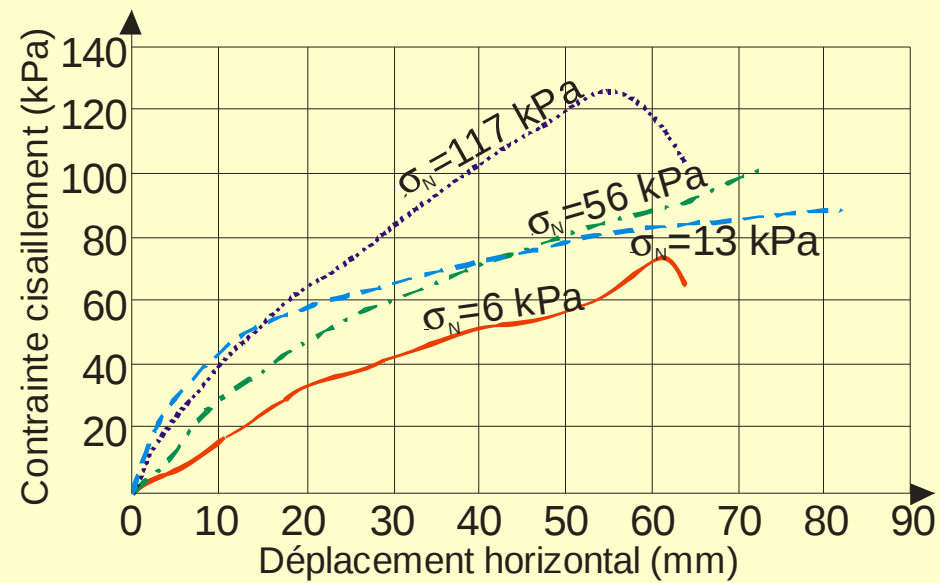


Universidad de los Andes

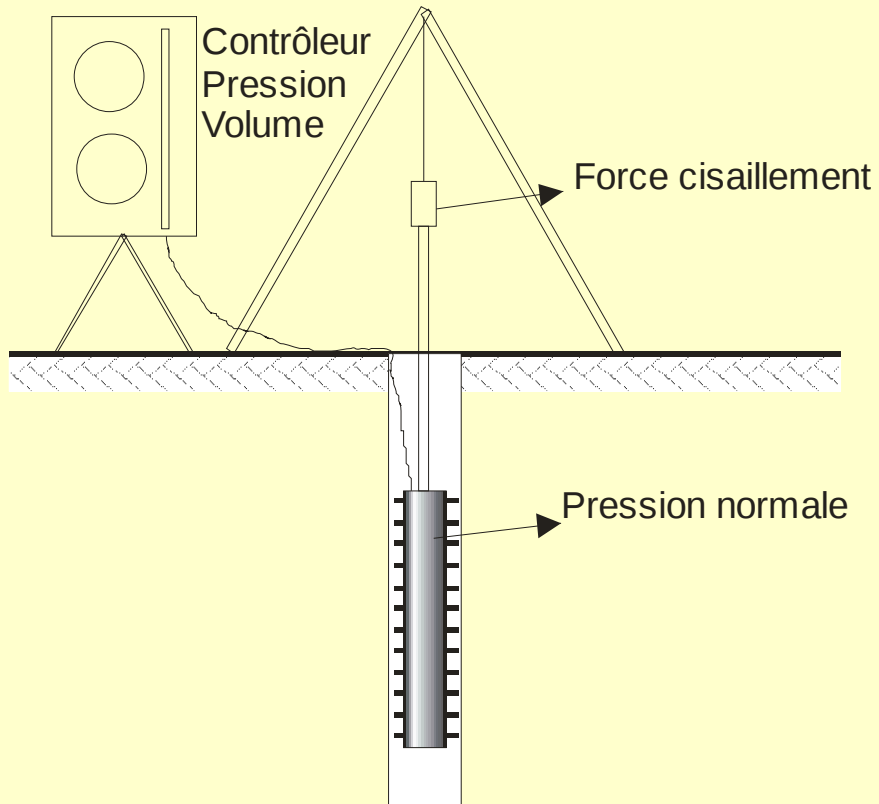


Facultad de
Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

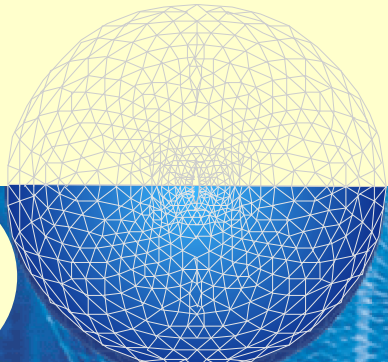
Résultats



Phicomètre



Universidad de los Andes

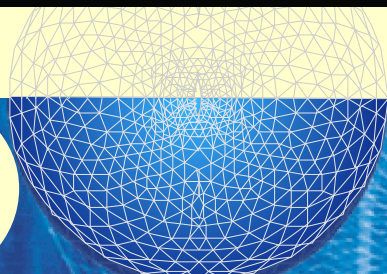


Facultad de
Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Phicomètre

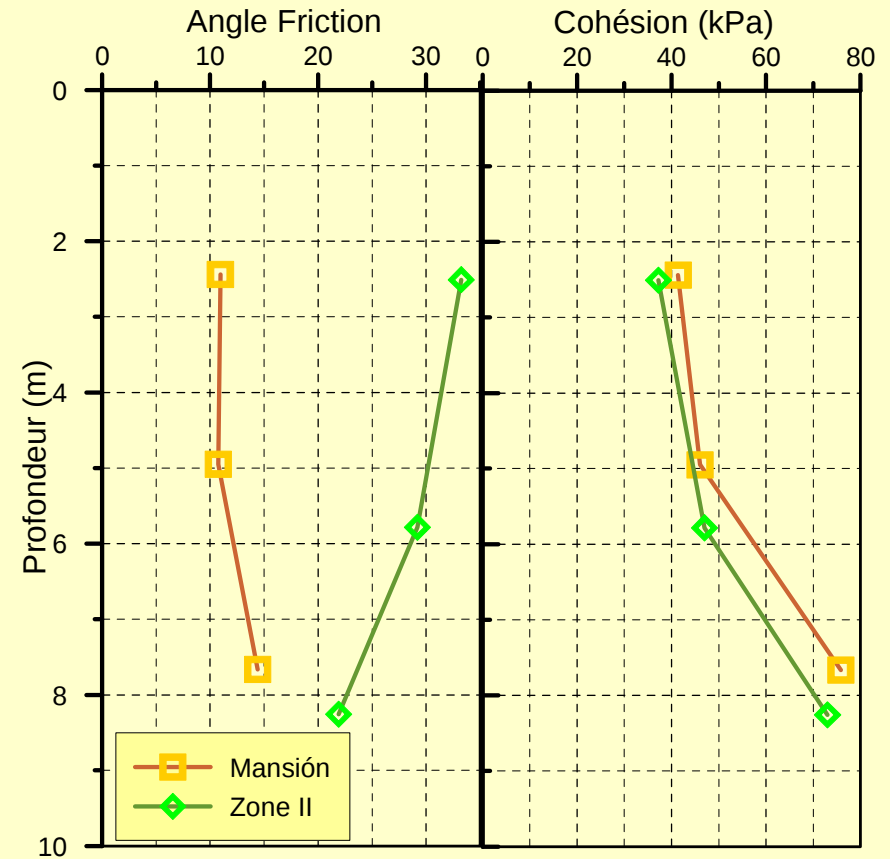
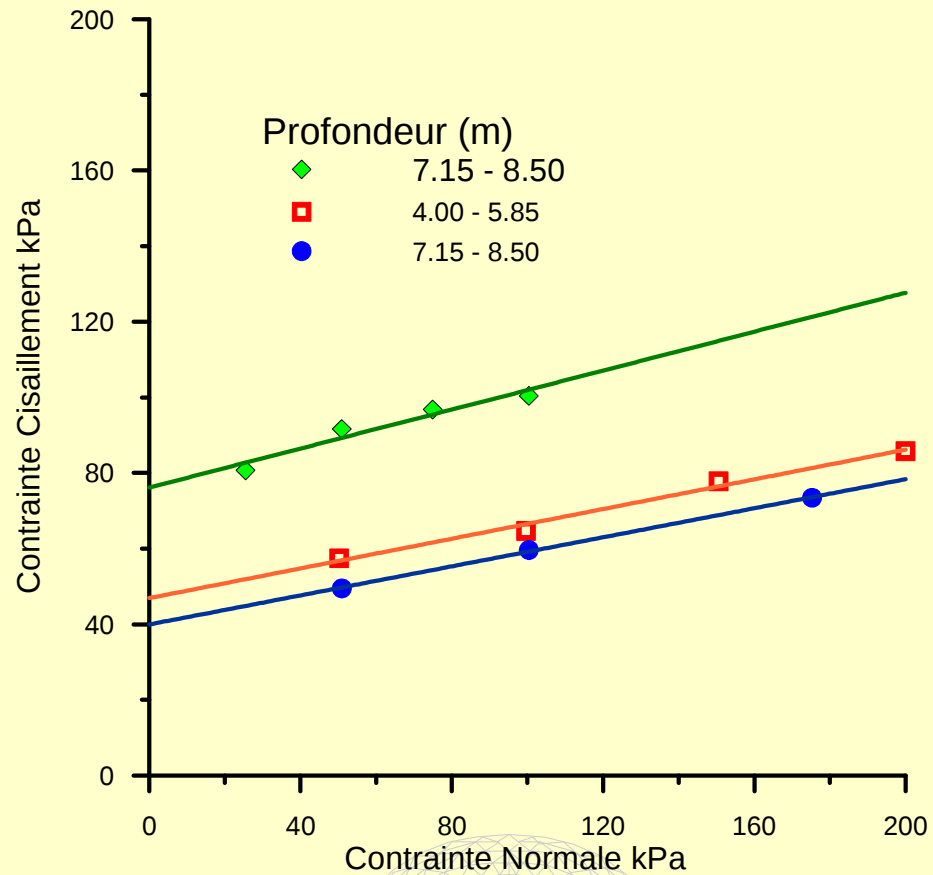


Universidad de los Andes

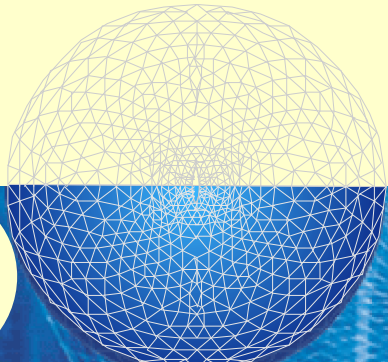
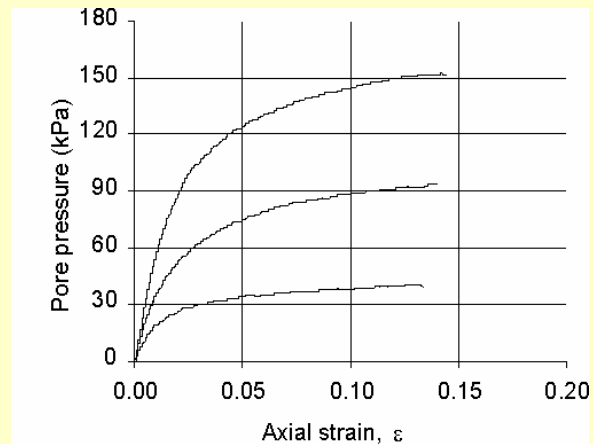
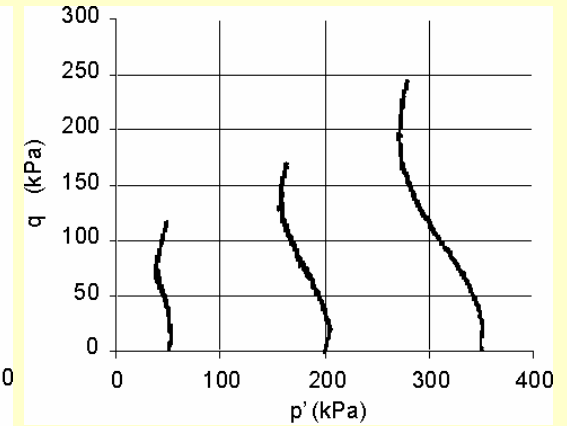
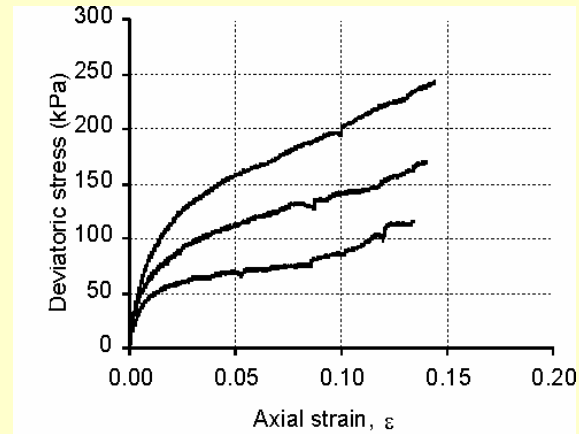


Facultad de
Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

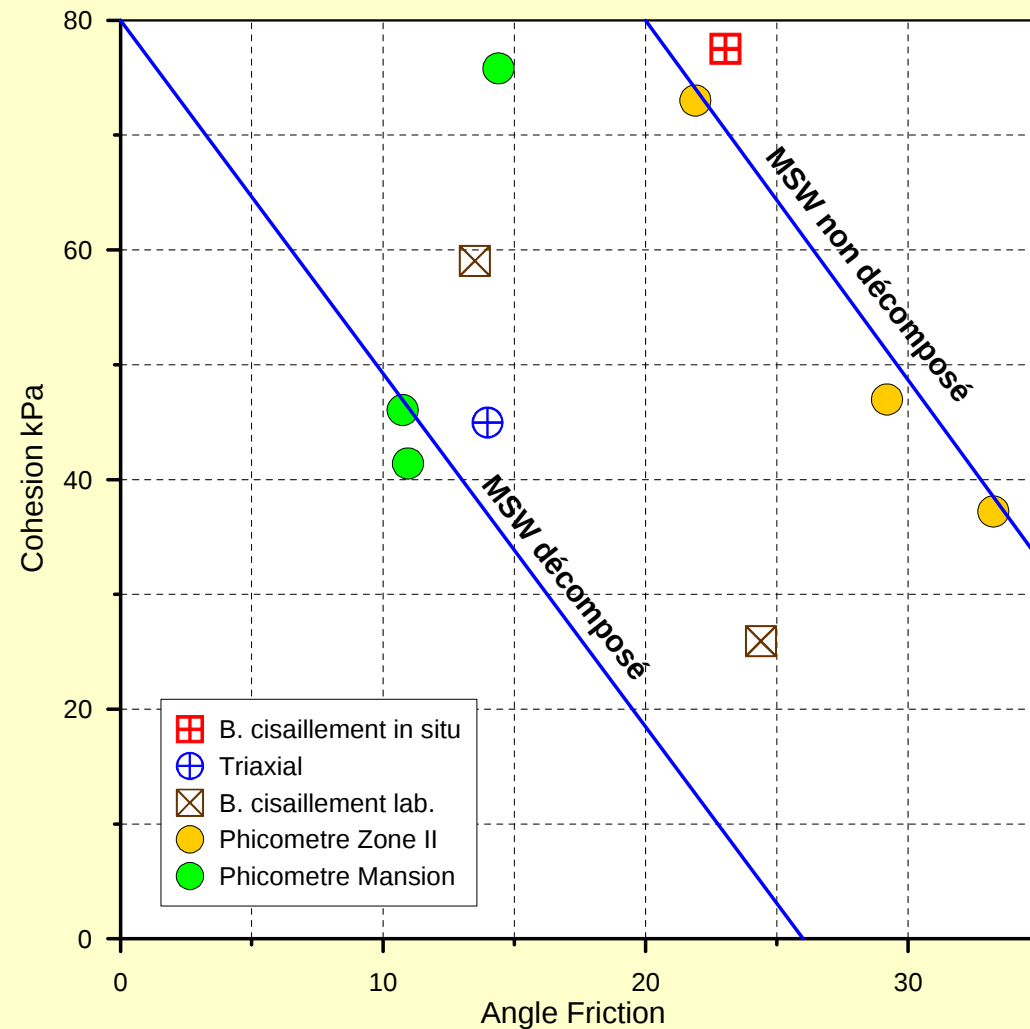
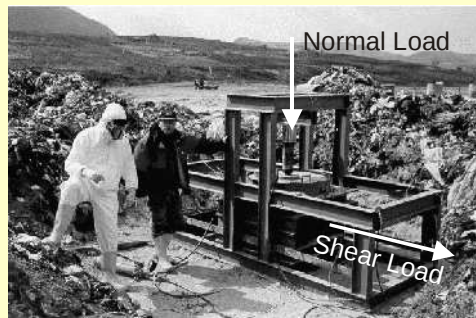
Résultats phicomètre



Triaxial

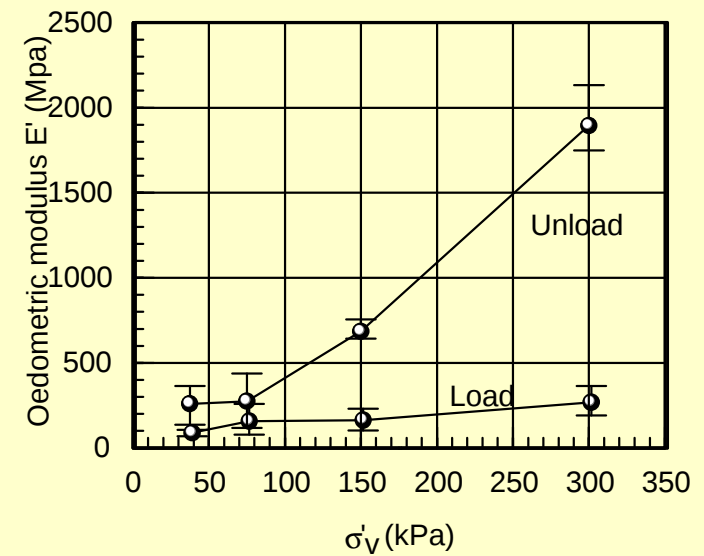
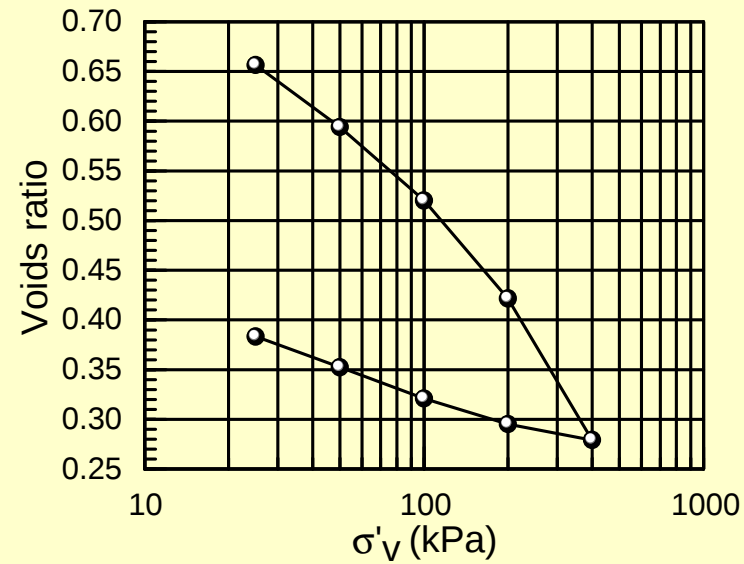


Ensemble des résultats





Compressibilité



Universidad de los Andes

Facultad de
Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Modélisation hypothèses

- Matériau déformable tri phasique (solides – liquide – gaz)
- Flux couplé de liquide et gaz
- Isotherme (simplification)
- Flux d'eau en phase liquide
- Flux d'eau Loi de Darcy
- Flux de gaz Loi de Fick
- Migration d'ions n'est pas prise en compte
- Dissolution de gaz dans le liquide n'est pas prise en compte



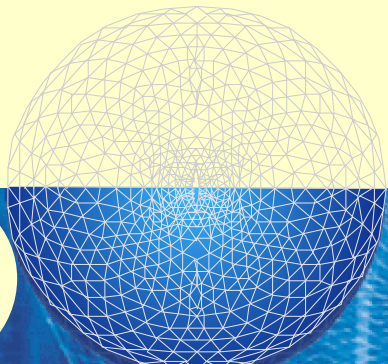
Lois de comportement

Solide $\varepsilon = m_1^s d(\sigma - U_a) + m_2^s d(U_a - U_w)$

Liquide $\theta_w = m_1^w d(\sigma - U_a) + m_2^w d(U_a - U_w)$

Gaz $\theta_a = m_1^a d(\sigma - U_a) + m_2^a d(U_a - U_w)$

Gaz parfaits $\rho_a = (w/R\theta g) P$



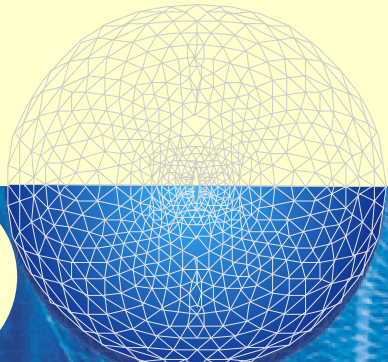
Consolidation (Fredlund 1993)

EAU

$$\frac{\partial U_w}{\partial t} = \left(\frac{m_1^w - m_2^w}{m_2^w} \right) \frac{\partial U_a}{\partial t} + \frac{K_w}{\rho g m_2^w} \frac{\partial^2 U_w}{\partial x^2} + \frac{K_w}{\rho g m_2^w} \frac{\partial^2 U_w}{\partial y^2} + \frac{1}{m_2^w} \frac{\partial \theta_w^*}{\partial t}$$

GAZ

$$\frac{\partial U_a}{\partial t} = C_a \frac{\partial U_w}{\partial t} + C_v^a \frac{\partial^2 U_a}{\partial x^2} + C_v^a \frac{\partial^2 U_a}{\partial y^2} + C_m \frac{\partial m_g^*}{\partial t}$$

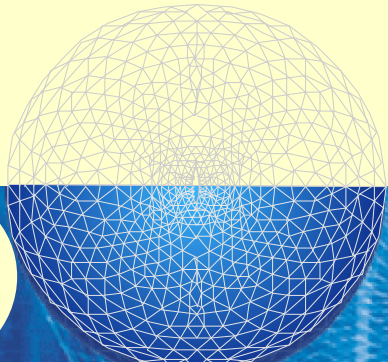


Coefficients

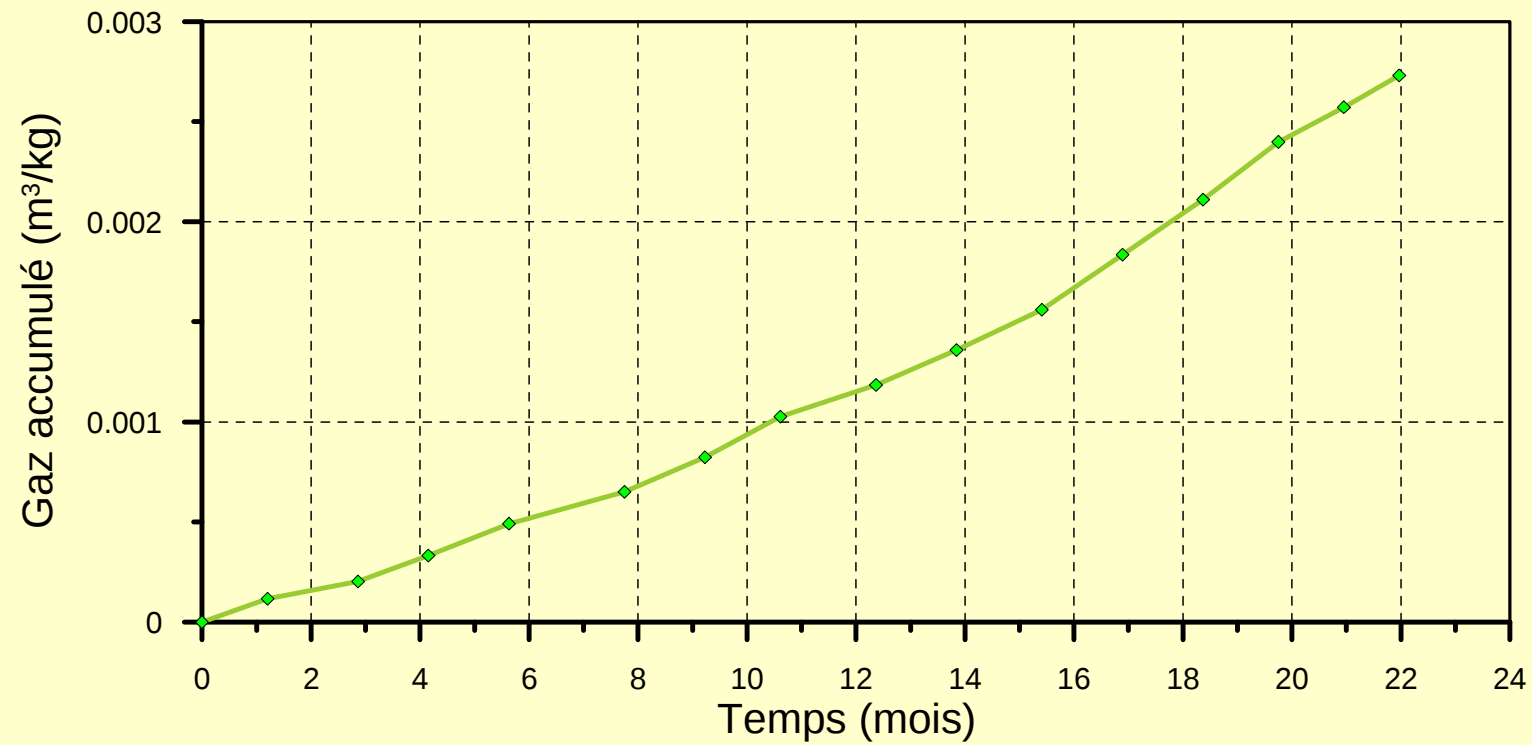
$$C_a = \frac{m_2^a}{m_2^a - m_1^a + \frac{(1-S)n}{P}} \left\{ P_i = \frac{\rho_a R \theta g}{w} \right.$$

$$C_v^a = \frac{D^* R \theta}{w} \frac{1}{(-m_2^a + m_1^a)(U_a + U_{atm}) + (1-S)n}$$

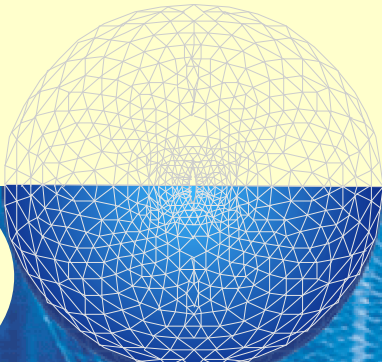
$$C_m = \frac{R \theta}{w} \frac{1}{(m_2^a - m_1^a)(U_a + U_{atm}) + (1-S)n}$$



Taux de production de gaz



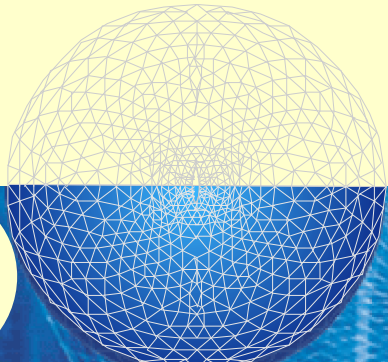
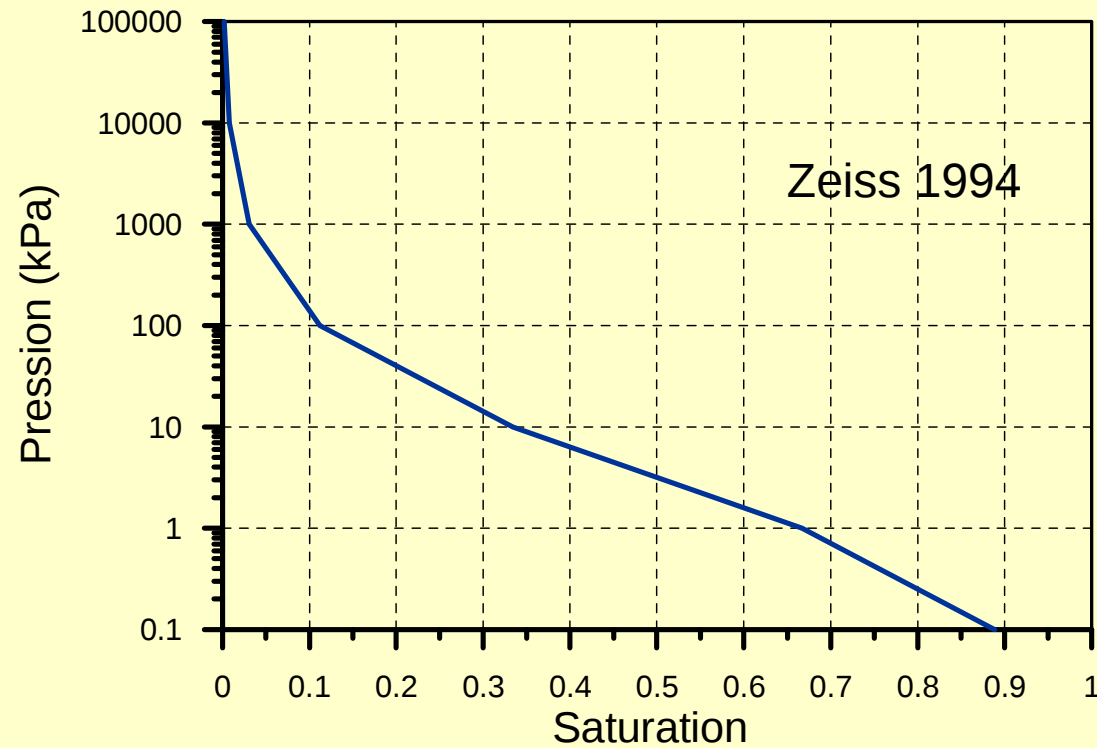
Universidad de los Andes



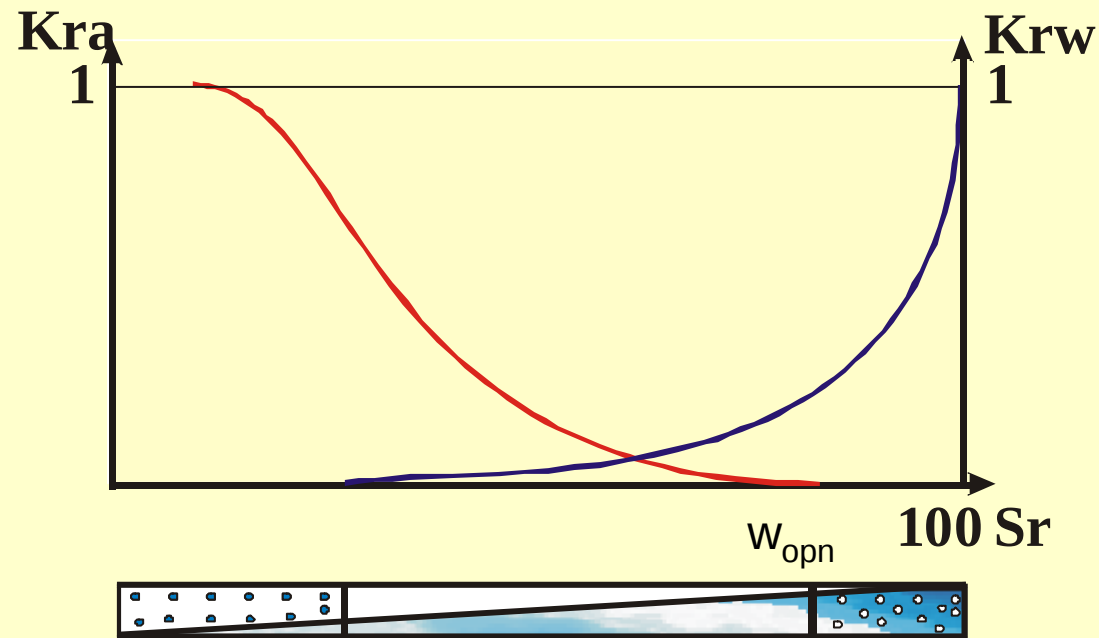
Facultad de
Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Courbe de rétention d'eau



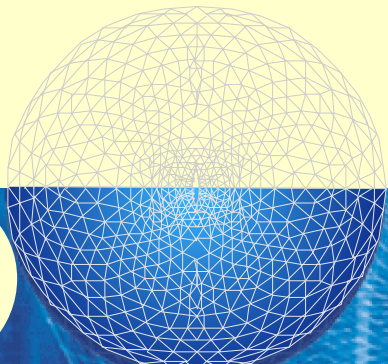
Permeabilité



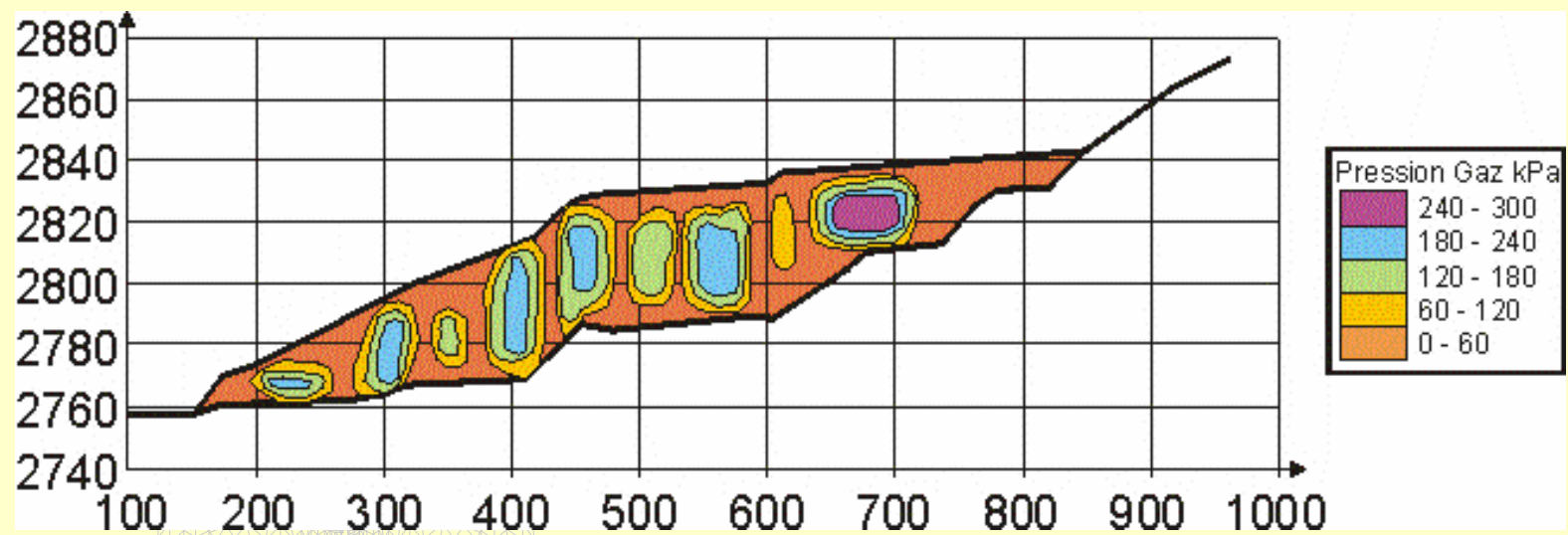
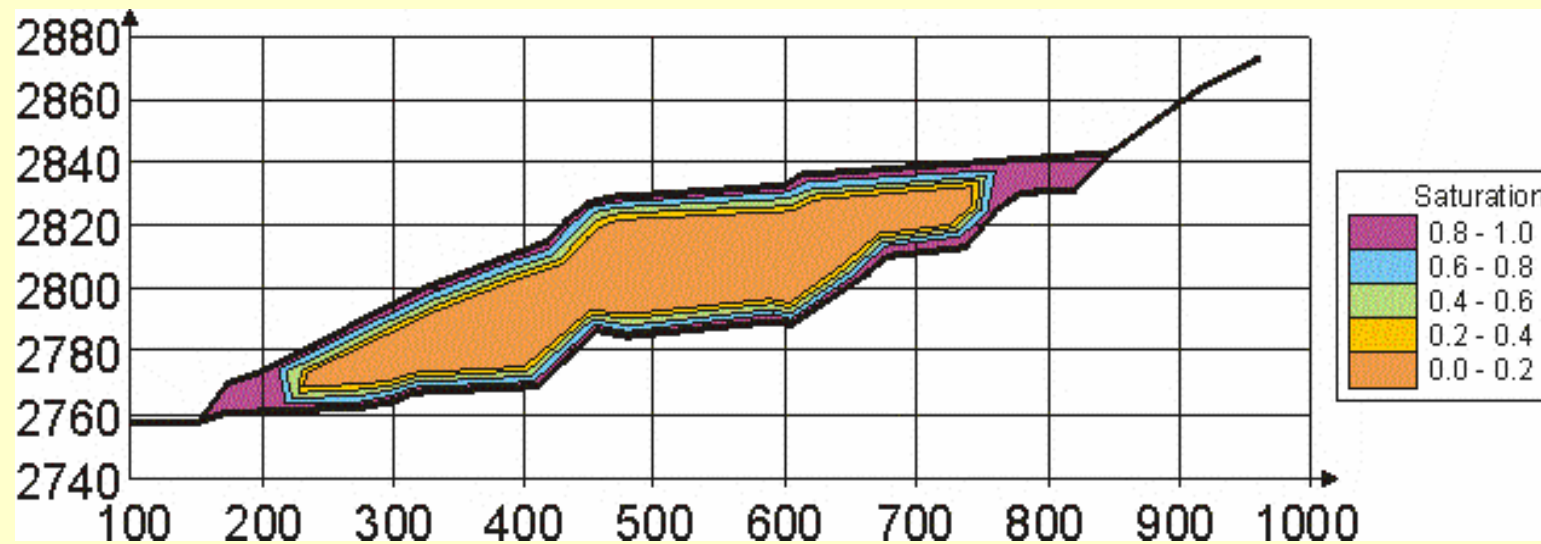
$$K(S_r) = K_{sat} S_r^n$$

García 1996

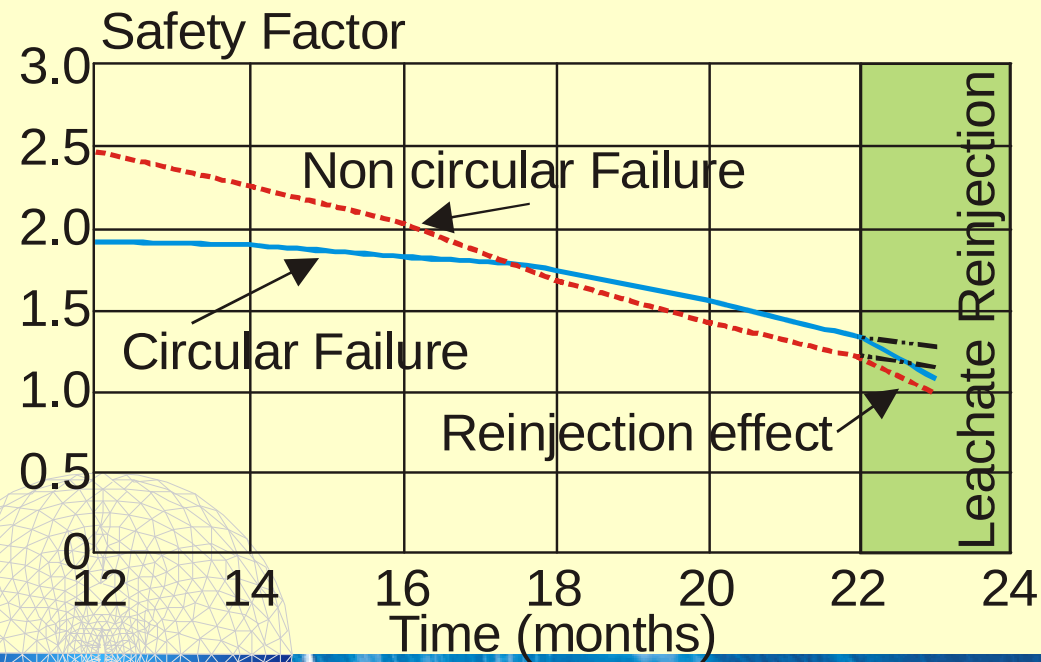
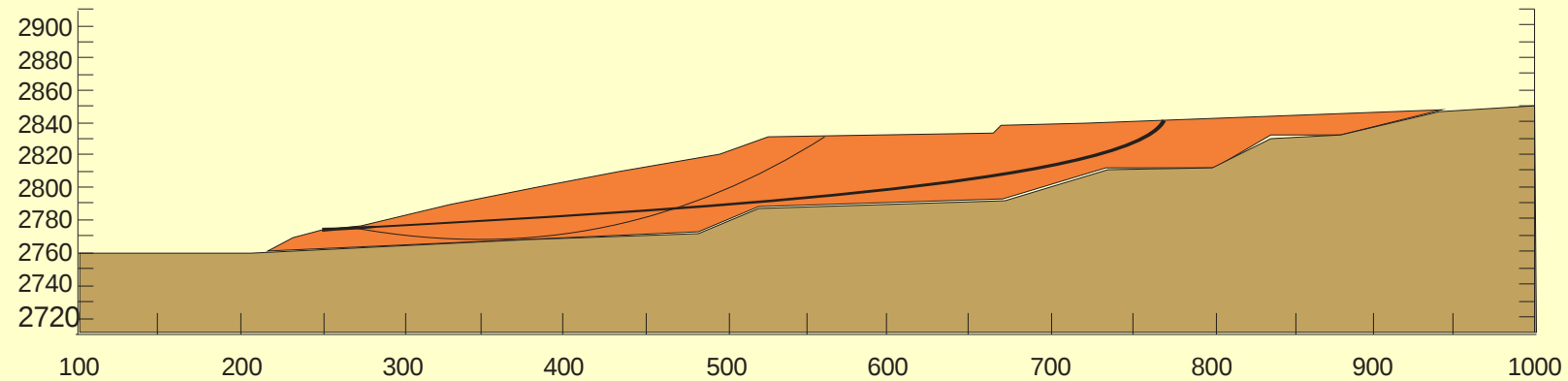
$$\begin{cases} n = 7 \text{ déchets} \\ n = 4 \text{ couverture} \end{cases}$$



Résultats modélisation 23 mois



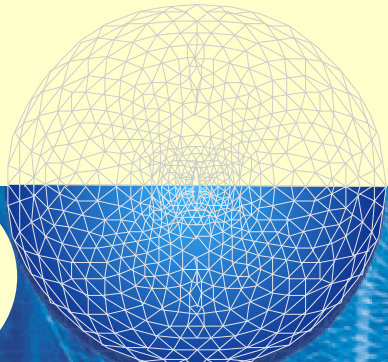
Calculs de stabilité



Travaux de stabilisation Zone Mansion

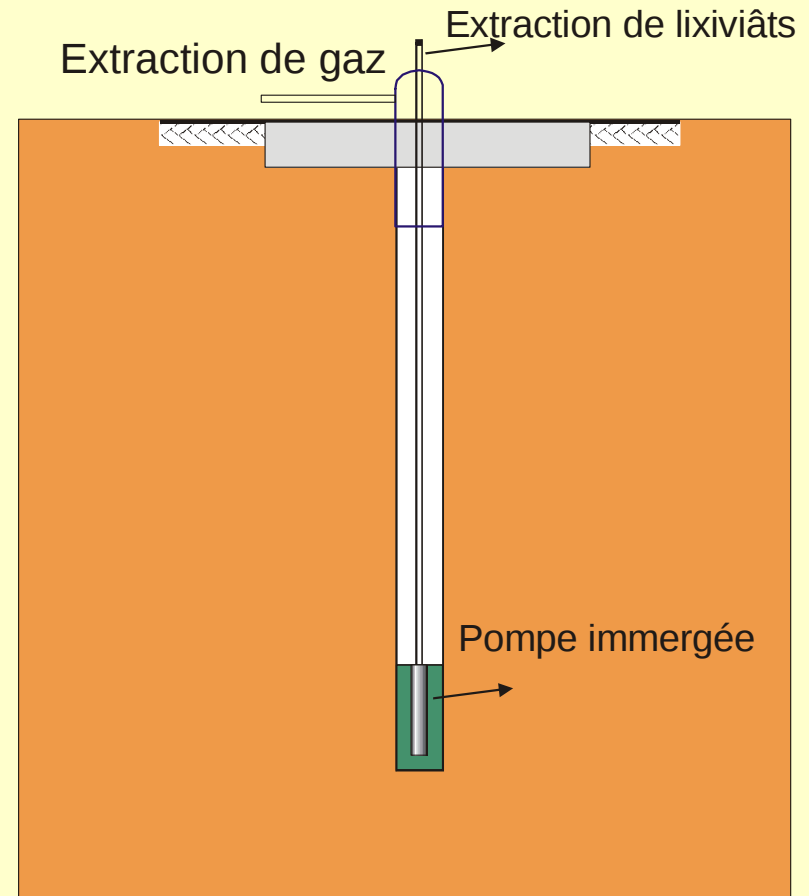


Universidad de los Andes

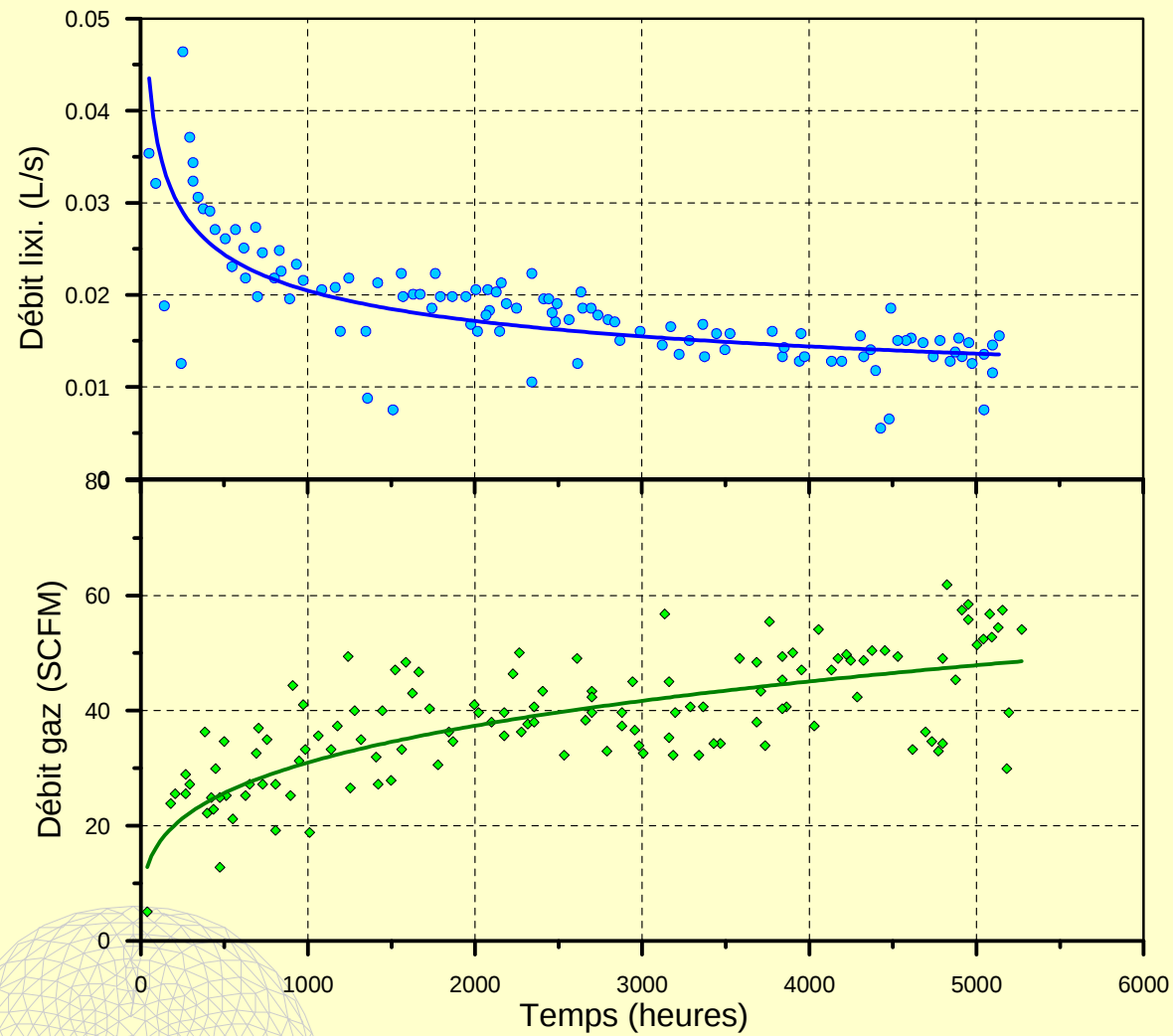


Facultad de
Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

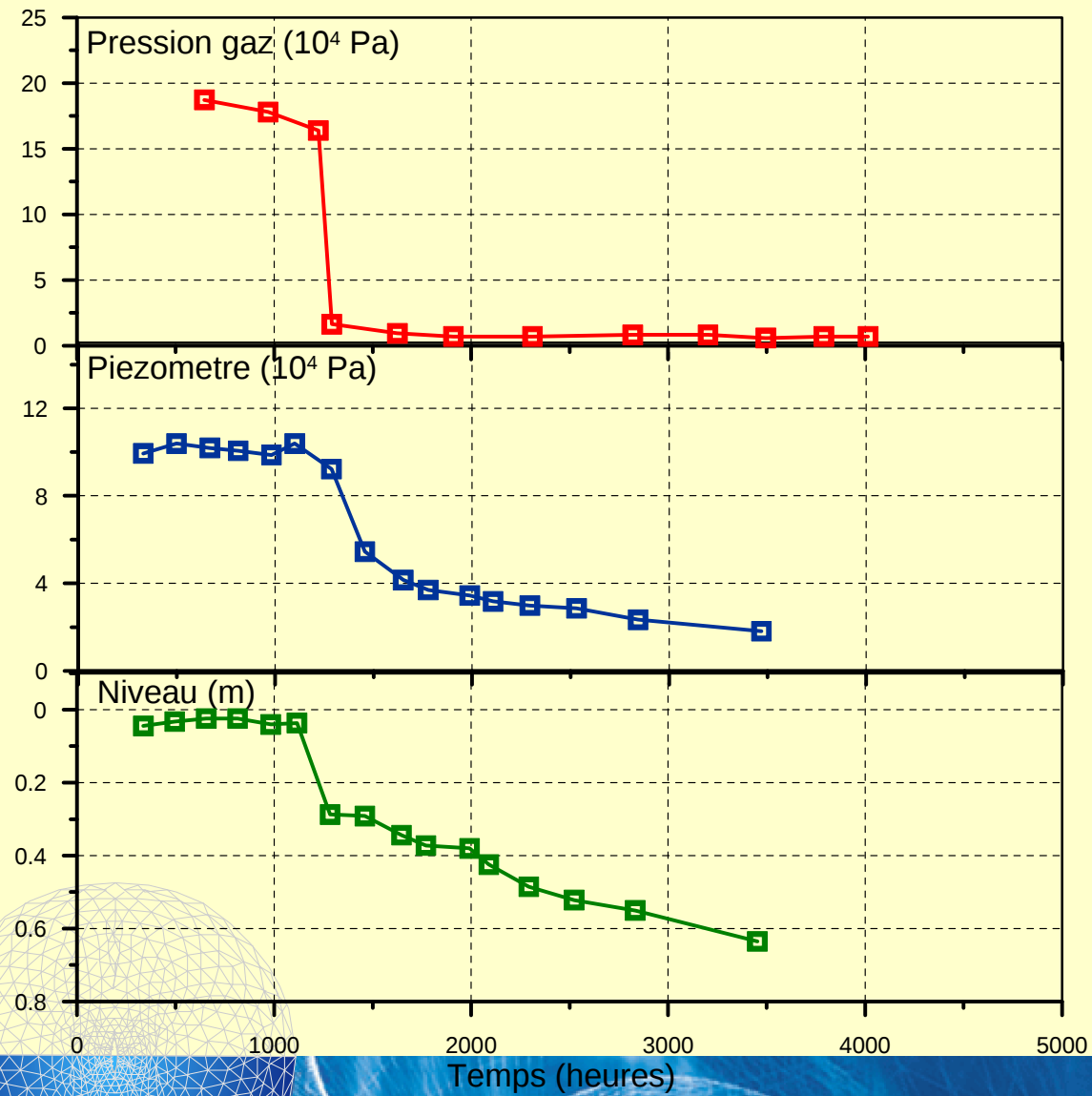
Double système d'évacuation



Débit de gaz et lixiviâts



Evolution des pressions et tassement



- Le taux de matière organique et la teneur en eau des matériaux de déchets municipaux ont une influence fondamentale en son comportement mécanique:
 - Une haute proportion de matière organique entraîne une augmentation de la production de gaz
 - Une haute teneur en eau rend difficile le drainage du gaz



Conclusions

- Le bon fonctionnement des puits d'évacuation de gaz est fondamentale pour assurer la stabilité du site
- La re-circulation des lixiviats ne peut être faite que sous un strict contrôle de la stabilité
- A l'heure actuelle il n'existe pas de méthodes de dimensionnement ajustées aux différents types de déchets
- La modélisation de flux couplés peuvent apporter des éléments pour mieux comprendre la décomposition des déchets et la stabilité du site

