



ETUDE DES BOUES RESIDUAIRES DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX DE ZIGA

EXAMEN DES VOIES DE VALORISATION (BURKINA FASO)



D.K. TOGUYENI (LPCE- Université de Ouagadougou), togyen@univ-ouaga.bf

A. PANTET (LOMC - UMR 6294-CNRS –Université du Havre / 2IE)
anne.pantet@univ-lehavre.fr

INTRODUCTION

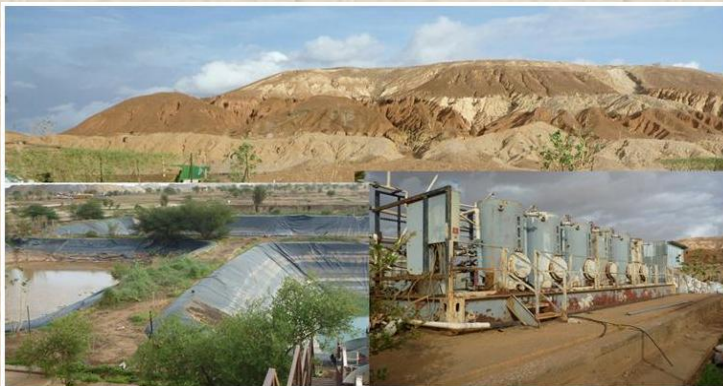
- Code de l'environnement au Burkina Faso (1997) , notamment la gestion des boues industrielles
- **La station de traitement des eaux du barrage de Ziga, produit mensuellement près de 28900 t de boue dont la siccité vaut 2%: soit 578 t de matière sèche.**
- Actuellement elles sont mises en décharge, et sont à l'origine de nuisances environnementales

Analyse d'axes de valorisation de ces boues de Ziga

- (1) Matériaux de construction (briques, adobes...)
- (2) Matière première pour barrières étanches

Au BURKINA FASO, l'industrie minière en quelques chiffres:

- 7 mines industrielles d'or et une petite mine de manganèse
- Exploitation artisanale, par orpaillage, sur de nombreux gîtes
- **23 tonnes d'or et 671 M € de recettes d'exportation en 2010**
- Les mines qui contribuent pour 7,7% au PIB



Comment est récupéré l'or ?

L'extraction de l'or se fait par cyanuration et par amalgamage au mercure.

L'utilisation du cyanure et du mercure avec des conséquences souvent irréversibles sur les écosystèmes .

Mais qu'en est-il au Burkina Faso?

**Forte prise de conscience du risque environnemental
d'où des actions de recherche**

Quelques illustrations des risques



Camion renversé dans le barrage de Djibo. DR



Un des deux containers renfermant le cyanure

L'usage de bassins de cyanuration est répandu et Il arrive que des sociétés industrielles en déposant le bilan, laissent les stériles et les bassins de cyanuration, d'où de graves menaces de pollutions des eaux souterraines.



**Stériles avec les tuyaux d'arrosage
au cyanure**



Bassin de récupération des lixiviats

**Par conséquent, un fort besoin
de matériaux de confinement**

Nos objectifs en 3 étapes :

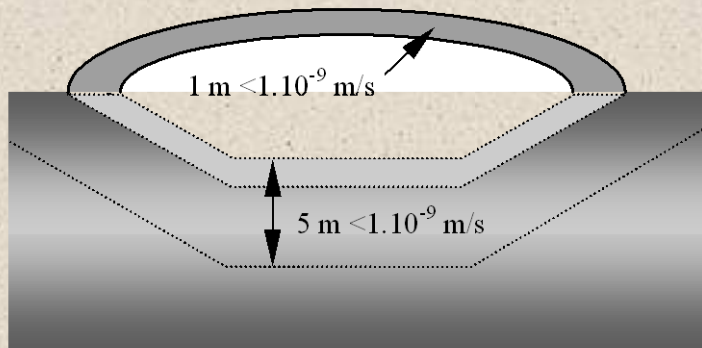
- a. Caractériser la performance hydraulique et rhéologique de la fraction fine des boues de Ziga
- b. Utiliser la fraction fine des boues de Ziga pour la conception des barrières étanches (stockage des lixiviats ou stériles pollués)
- c. Etudier la performance dans le temps de ces barrières, soumises à l'attaque chimique des lixiviats

Rappel : définition d'un dispositif de confinement

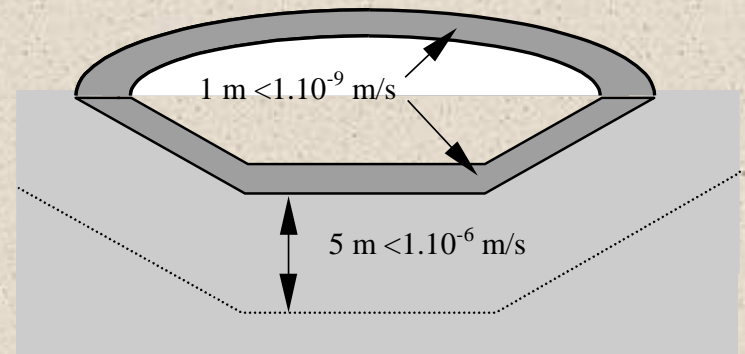
Le dispositif de confinement réglementaire prévoit une barrière passive d'une perméabilité inférieure à 10^{-9} m/s,

Le fond d'un site de stockage doit permettre d'assurer deux fonctions essentielles :

- (1) la protection du sous sol vis à vis de toute infiltration de polluants
- (2) l'évacuation vers l'extérieur des lixiviats, produits par le processus de traitement



Déchets industriels



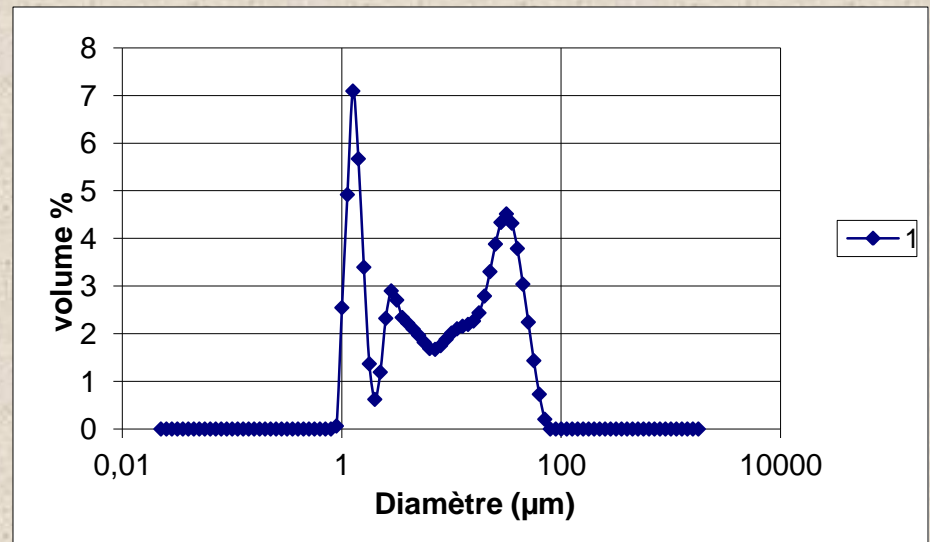
Déchets ménagers

Caractériser la performance hydraulique et rhéologique de la fraction fine des boues de la station de traitement de Ziga (1^{ère} étape)

- **Caractérisation de la physico-chimie des boues**
- **Extraction de la fraction fine des boues de Ziga**
- **Identification des propriétés rhéologiques**
- **Mesure de la performance hydraulique**

1/ Caractérisations physico-chimiques

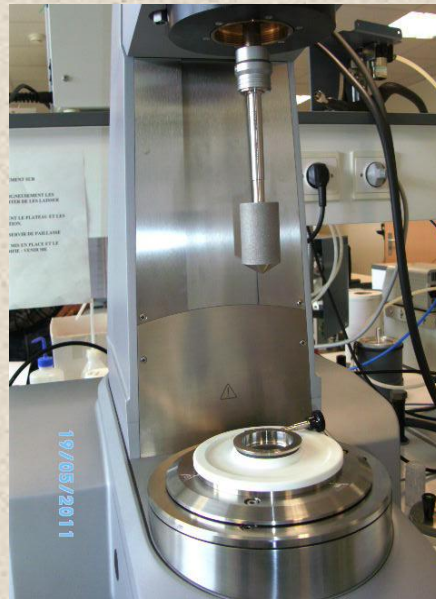
- Les boues de la station de Ziga, constituées d'un mélange d'eau et de grains fins à grossiers (limon et sable) avec des argiles et de la matière organique
- La granulométrie des particules à l'aide d'un granulomètre laser



- La surface spécifique mesurée par adsorption au bleu de méthylène (S_A) de 67,7 m²/g
- Le pH des suspensions est contrôlé avec un pHmètre PHM 220 Radiometer.

2/ Caractérisation rhéologique

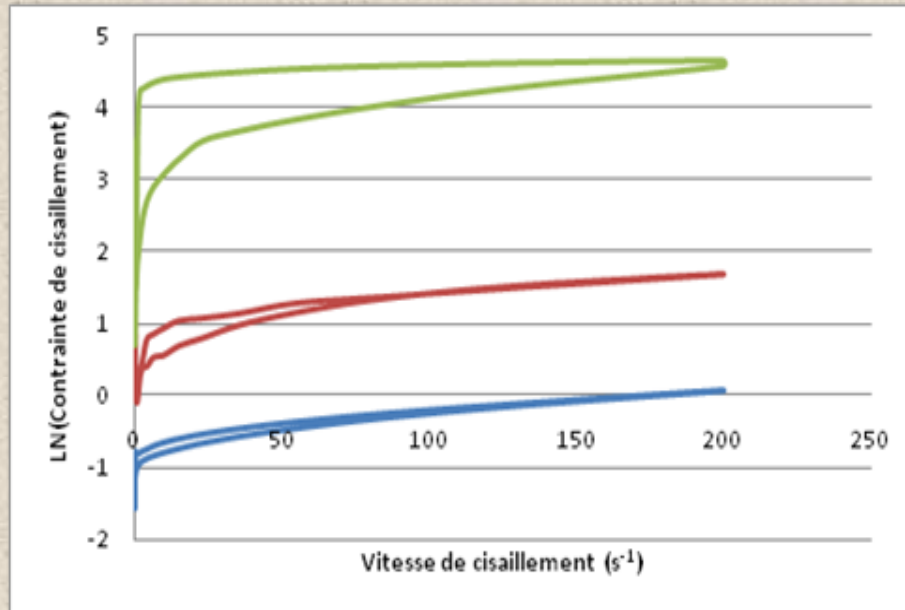
A l'aide du rhéomètre Physica MCR (Anton-Paar) sous vitesse de cisaillement imposée - géométrie utilisée du type cône-plan coaxiaux.



Méthode précise d'évaluation, mais des procédures strictes à respecter :
conditions de malaxage, vieillissement des suspensions, diamètre des
particules /entrefer, évaporation

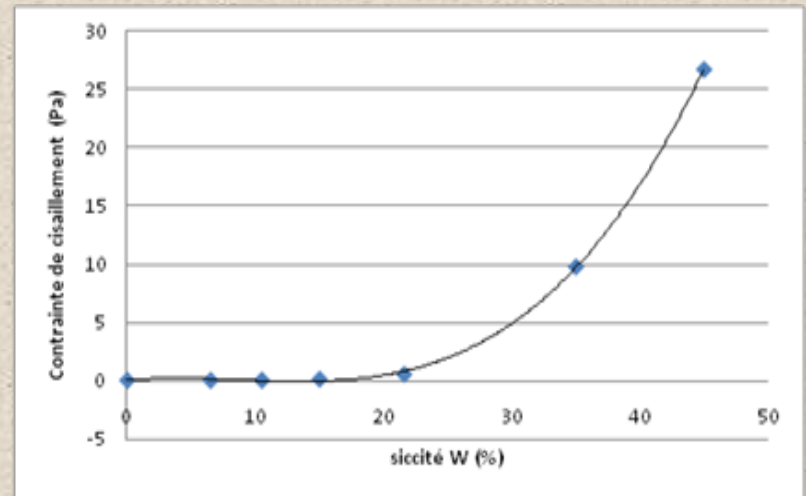
Caractérisation rhéologique : Résultats

Pour illustrer le comportement hydraulique complexe des boues de ziga,




Boues résiduelles de Ziga

W = 45%, T = 25°C	—
W = 35%, T = 25°C	—
W = 21.6%, T = 25°C	—



Boue de Ziga, T = 25°C

Courbe expérimentale 
Courbe de tendance — : $y = 5,90E-04x^8 - 1,54E-02x^2 + 9,39E-02x - 1,10E-02$; $R^2 = 1$

Contrainte seuil en fonction de la siccité

Courbes d'écoulement pour les boues de Ziga

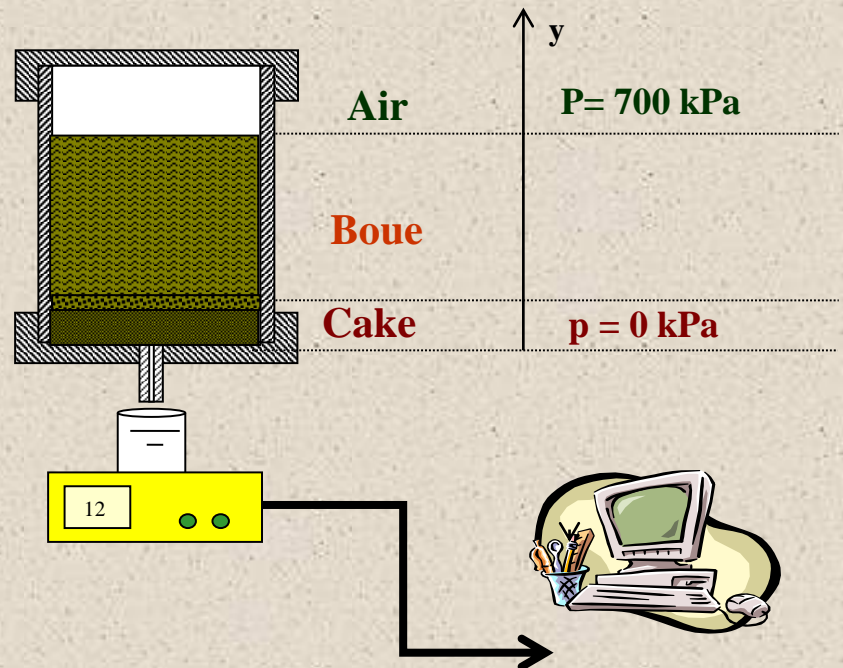
- **Fluide non newtonien à contrainte seuil - thixotrope**
- **Loi polynomiale avec la siccité**

3/ Caractérisation des performances hydrauliques

Les essais de filtration sont réalisés à l'aide d'un filtre presse API (diamètre 90 mm et hauteur 90 mm).

La poudre fine (infra $63\ \mu\text{m}$) est mise en suspension dans 400 ml de fluide puis agitée 3 min à 11000 tr/min.

La suspension est laissée au repos 24 h avant l'essai pour permettre l'hydratation et le gonflement de la phase argileuse et ainsi atteindre un état stable.



Deux paramètres mesurés :

- Le filtrat : volume filtré en fonction de temps sous une pression donnée
- Le cake résultant du dépôt des particules (aspect, épaisseur, siccité, épaisseur)



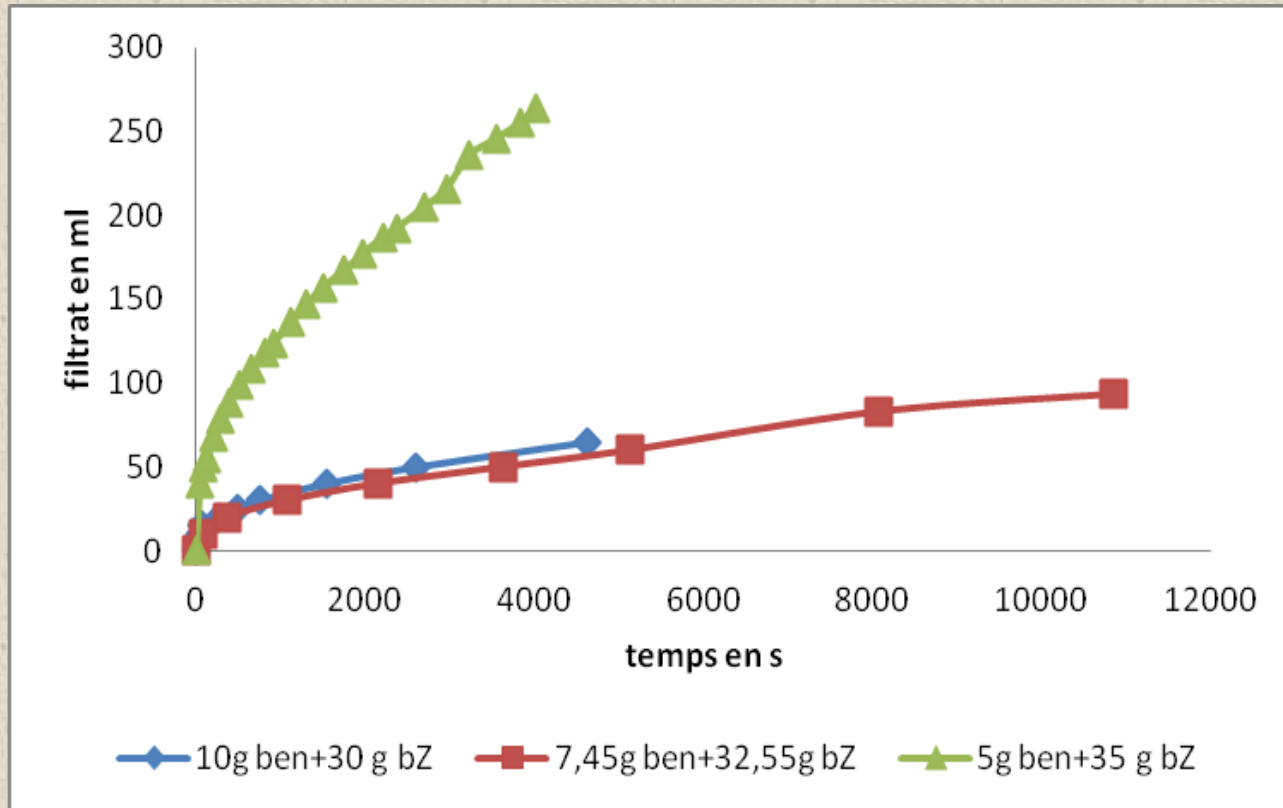
Filtrat récupéré



Etat de surface du cake

Essais de filtration : Résultats (1)

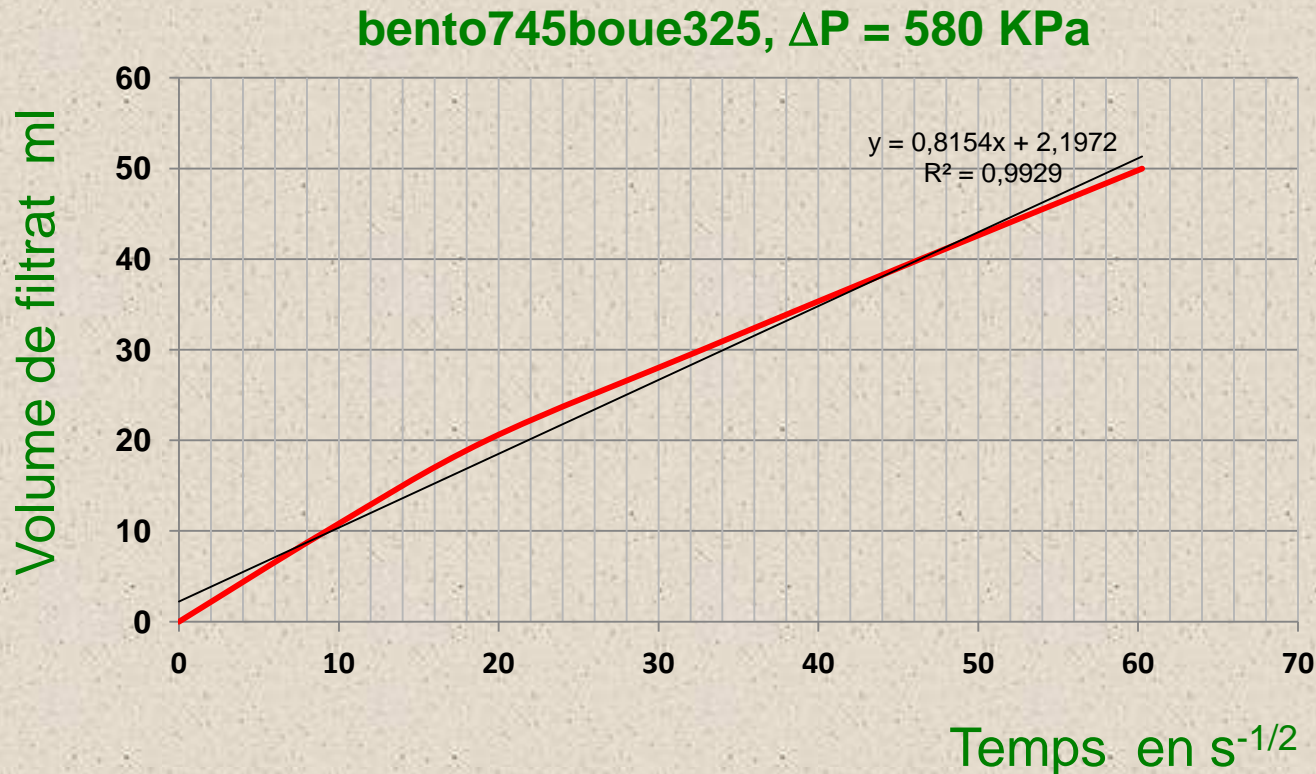
- Les fines des boues de Ziga
- Les mélanges adjuvantés de bentonites industrielles



Les trois test sont à même concentration : 40 g de solide par 400 g d'eau

Essais de filtration : Résultats (2)

Le volume de filtrat augmente linéairement avec la racine carrée du temps, détermination de (1) la pente de la courbe de filtration et (2) de la perméabilité intrinsèque du cake K_c à l'aide de la loi de Darcy.



Essais de filtration :Résultats (3)

Calcul des perméabilités

	Boue Ziga	Mélange	Bentonite
Volume filtrat Ω (l)	2.45E-01	2.41E-01	2.45E-01
Epaisseur gâteau (m)	5.00E-03	8.00E-03	5.00E-03
Surface A (m ²)	6.36E-03	6.36E-03	6.36E-03
viscosité filtrat μ (Pa s)	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03
Pression ΔP (Pa)	5.80E+05	5.80E+05	5.60E+05
Pente courbe	3.89E-03	8.15E-04	3.02E-04
Perméabilité m²	4.20E-14	2.99E-15	2.62E-16
Masse volumique (kg.m ⁻³)	1000	1000	1000
Acc, pesanteur (m.s ⁻²)	9.81E+00	9.81E+00	9.81E+00
Conductibilité hydraulique m/s	4.12E-07	2.94E-08	2.57E-09

$$\Omega = \left[\frac{2\Delta P A^2 k}{\mu b} \right]^{0.5}, \quad (T)^{0.5} = a \cdot T^{0.5},$$

$$k = \frac{a^2 \cdot \mu \cdot b}{2 \cdot \Delta P \cdot A^2}$$

A section du FP (m²) , ΔP la pression (Pa),
T le temps (s), μ Viscosité du filtrat (Pa.s),
b le volume spécifique (b=t.A/ Ω), avec t
l'épaisseur (m) et le volume de filtrat (m³)

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

*Bienvenue au Pays
des hommes Intègres*

- La production des boues résiduelles à Ziga fournit une ressource minérale qu'il est possible de valoriser.
- La cellule de filtration : un système simple pour obtenir rapidement une grandeur significative de la perméabilité des matériaux fins.
- L'ajout de bentonite est significatif - la recherche de bentonite locale est en cours.



La retenue de Ziga au crépuscule

Remerciements, GRR SER- Région Haute Normandie Projet Ressolv