

# MANUEL D'ESSAIS DE FILTRATION - DESHYDRATATION



Pour toutes questions s'adresser à :

**Service SAV – Jean-Pierre FOURNIAL**

Tél. : 05 55 30 94 57 – Fax : 05 55 06 16 03

ZI DE MAGRE – 21 rue Santos DUMONT - BP 52

87002 LIMOGES CEDEX 1

## **1- GLOSSAIRE**

M : masse du gâteau après séchage (kg)

V : volume total recueilli à la fin de l'expérience (m<sup>3</sup>)

m : masse de matière solide (m<sup>3</sup>/kg)

a : pente (s/m<sup>6</sup>)

$\Delta p$  : pression de filtration (N/m<sup>2</sup>)

A : surface de filtration (m<sup>2</sup>)

$\mu$  : viscosité dynamique du filtrat (10<sup>-3</sup> N.s/m<sup>2</sup>)

m : masse de gâteau (kg/m<sup>3</sup> par unité de filtrat)

r : résistance spécifique (m/kg)

## **2- PRESENTATION DU PROCESS**

### **2.1 BUT DU PROCESS**

La cellule d'essai est constituée, d'une part d'un bloc inox comportant un cylindre avec un vérin hydraulique et d'autre part, un ensemble avec une bouteille d'air comprimé et un manomètre. La cellule permet de déterminer trois valeurs importantes caractérisant une boue :

- la résistance spécifique à la filtration
- le coefficient de compressibilité
- la siccité limite

L'analyse de ces valeurs permet de caractériser le pouvoir de déshydratabilité d'une boue. Cependant, ces trois paramètres ne sont qu'une aide dans un choix matériel déterminé par la qualité originelle des boues ainsi que leur destination finale :

- valorisation agricole
- stabilisation
- incinération

Dans le cadre de l'activité de Faure SA, nous considérons que le choix matériel se porte systématiquement sur un filtre presse. Pour Faure, l'emploi de cette cellule doit permettre de répondre plus rapidement aux attentes de ses clients dans les domaines suivants :

- déshydratation des boues
- conditionnement des boues
- choix des toiles filtrantes
- débâtissage du gâteau

## **2.2 RAPPELS DE NOTIONS**

### **2.2.1 La résistance spécifique à la filtration**

La filtration d'une boue sur un support poreux plan (toile ou papier) se traduit par la formation d'un gâteau de filtration qui oppose à l'écoulement du filtrat, une résistance physique par suite de frottements qui s'exercent à l'interface « solide -liquide » au sein du gâteau.

Le floc ayant une résistance spécifique faible ne se déforme pas lorsqu'il est soumis à une augmentation de la pression et n'empêche pas l'écoulement de l'eau interstitielle libre et liée, inversement lorsque la résistance spécifique est élevée, l'opposition à l'écoulement augmente.

### **2.2.2 Le coefficient de compressibilité**

La valeur de la résistance spécifique à la filtration augmente généralement avec la pression appliquée à cause d'une baisse de la porosité du gâteau due au tassement ou à une déformation des particules de floc sous l'effet de la compression.

La détermination du coefficient de compressibilité du gâteau de filtration permet ainsi d'évaluer qualitativement la capacité des boues à bien se déshydrater.

### **2.2.3 La siccité limite**

La siccité est définie comme le pourcentage de matières sèches contenues dans un matériau. La siccité limite est une grandeur théoriquement atteinte après une pressée de durée infinie et de pression connue ne permettant plus d'extraire de filtrat.

Cette fonction de la pression de filtration tend vers une limite asymptotique qui est appelée siccité limite.  $f(V) = t/V$ . C'est une mesure indirecte de la rétention d'eau par la matière solide constituant la boue. En pratique, c'est l'arrêt de la filtration lorsque l'écoulement du filtrat cesse.

## **2.3 PRINCIPES**

### **2.3.1 Résistance spécifique à la filtration**

La filtration d'un échantillon de boue sous pression constante permet d'obtenir un volume de filtrat écoulé (noté  $V$ ), en fonction du temps ( $t$ ).

Il en résulte une courbe du volume de filtrat écoulé en fonction du temps, d'équation

$$f(v) = t/V.$$

Les résultats expérimentaux obtenus permettent théoriquement de tracer une droite dont la pente est la valeur de la résistance spécifique à la filtration.

### 2.3.2 Le coefficient de compressibilité

La mesure de la résistance spécifique « r » est réalisée sous plusieurs pressions. Tracer la courbe  $\text{Log } r = f(\text{Log } \Delta p)$  et effectuer le calcul de la pente « s » lors de sa linéarité.

La valeur de la pente correspond à la valeur du coefficient de compressibilité «s».

### 2.3.3 La siccité limite

Poursuivre la mesure de la résistance spécifique à la filtration jusqu'à obtention de la branche asymptotique verticale de la courbe  $t/(V)$ . En pratique, arrêt de la filtration lorsque l'écoulement du filtrat cesse ou lorsque la pente de la tangente en un point de la courbe est 5 fois supérieure à la pente de la partie rectiligne initiale.

## 2.4 PERIMETRE D'UTILISATION

Dans un premier temps, l'utilisation se fera en interne pour répondre au cahier des charges des clients. Un client fournit un type de boue et grâce à cette cellule, Faure Equipement peut optimiser les doses de polymères pour un meilleur conditionnement des boues. Cette cellule diminuera la durée des tests par rapport à une cellule de filtration classique ou des simulations sur des modèles réduits. Elle permet d'éviter un test réel sur le filtre presse qui en cas de mauvaise déshydratation se traduit :

- par un encrassement des toiles
- un mauvais débâtissage des gâteaux
- un encrassement des plateaux du filtre

Ces différents problèmes génèrent de nombreuses heures de nettoyage avant de relancer un nouveau test. Ainsi, avec l'utilisation de la cellule, il sera plus facile et rapide de comparer pour une même boue les différents types de conditionnement.

A long terme, la cellule pourra être louée à des fabricants de polymères, à des fabricants de toiles pour procéder à de nombreux tests pour valider leurs recherches et à des industriels soucieux d'optimiser la déshydratation de leurs boues.

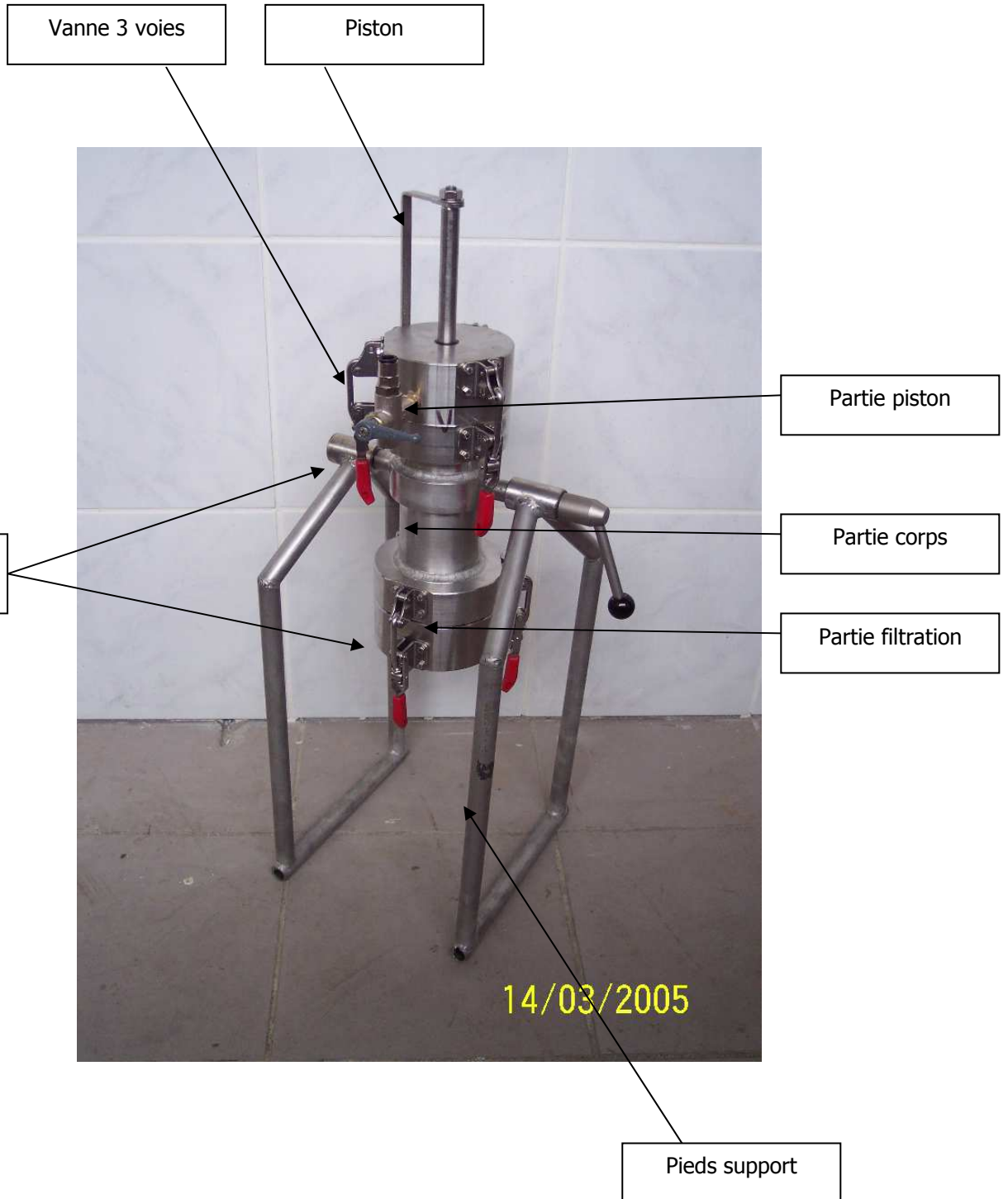
Dans le cas d'une utilisation d'un filtre presse mobile par un client opérant sur plusieurs sites différents, cette cellule pourra être vendue pour procéder aux tests nécessaires pour la déshydratation des boues en fonction de leurs qualités.

Dans un deuxième temps, cette cellule sera utilisée pour la recherche de nouveaux conditionnements des boues. Par exemple, l'utilisation de sciure de bois dont les variables sont :

- la granulométrie
- les essences d'origine
- le taux d'humidité

et qui influent le conditionnement en fonction des qualités originelles des boues (organiques, minérales, stabilisées, ...).

**2.5 DESCRIPTION**



## **2.6 MATÉRIELS**

Voici une liste du matériel nécessaire en plus de la cellule pour mener à bien un essai **avec un logiciel d'acquisition de données** :

- 1 un bécher de 250 ml pour récupérer le filtrat
- 3 un grand pichet pour mettre la boue
- 4 un échantillon de toile filtrante
- 5 une bouteille d'air comprimé
- 6 un manomètre
- 7 une vanne de réglage de pression
- 8 une pipette pour le conditionnement des boues
- 9 un pro pipette
- 10 une balance numérique avec liaison PC
- 11 un PC
- 12 un rouleau de papier essuie tout
- 13 de l'eau claire

**Remarque :** Dans le cas où l'essai est réalisé sans matériel informatique, il est préférable d'utiliser un bécher gradué pour noter le volume de filtrat récupéré en fonction du temps.

Pour cela, il faut se munir d'un chronomètre.

Voici un exemple de collecte de données :

Mesures	Temps en secondes	Volume lu en cm <sup>3</sup>
1	10	21
2	20	22
3	30	23
4	40	24
5	50	25
6	60	28

Pour la réalisation des tests, il faut bien se rappeler de la durée de vie des polymères utilisés qui en fonction de leur conditionnement (poudre ou liquide) n'est pas la même et du pH des boues qui influe sur la floculation.

### **3- MODE D'EMPLOI DE LA CELLULE**

#### **3.1 RESISTANCE SPECIFIQUE A LA FILTRATION AVEC LE LOGICIEL D'ACQUISITION**

<b><u>Opération à effectuer</u></b>	
<p>Prélever une prise d'essai de 600 mL minimum</p>	
<p>Conditionner la boue si nécessaire</p>	
<p>Déterminer la concentration en MES après le conditionnement éventuel de la boue</p>	
<p>Démarrer le logiciel d'acquisition</p>	

Connecter la balance et l'ordinateur



Positionner la balance sous la cellule



Positionner la cellule avec les crochets en haut













Mettre en place le piston et la vanne avec la vanne face avant de l'opérateur










<p>Mettre les crochets et ajuster la tension des crochets avec les écrous</p>	
<p>Retourner la cellule</p>	
<p>Remplir la cellule avec les boues conditionnées jusqu'à ras bord</p>	
<p>Positionner la toile de filtration</p>	
<p>Positionner la partie de la filtration de la cellule</p>	


<p>Mettre les crochets et ajuster la tension des crochets avec les écrous</p>	
<p>Positionner le bécher sous la cellule</p>	
<p>Faire la tare</p>	
<p>Vérifier que la vanne 3 voies est en position fermée</p>	
<p>Raccorder la bouteille d'air comprimé avec la vanne 3 voies</p>	

<p>Ouvrir la bouteille d'air comprimé</p>	
<p>Régler la pression avec le manomètre</p>	
<p>En même temps, ouvrir la vanne 3 voies et activer le logiciel d'acquisition</p>	
<p>Une fois la filtration terminée: fermer la vanne d'air</p>	
<p>Fermer la bouteille d'air comprimé</p>	

<p>Effectuer la purge en mettant la vanne en position "purge"</p>	
<p>Retirer le tuyau d'air comprimé en appuyant sur la bague "clips"</p>	
<p>Desserrer les crochets de la partie filtration</p>	
<p>Taper légèrement sur le piston</p>	
<p>Défaire les crochets de la partie filtration</p>	

<p>Récupérer le filtre + gâteau</p>	
<p>Défaire les crochets de la partie piston</p>	
<p>Repousser manuellement le piston en butée sur la bague</p>	
<p>Effectuer le nettoyage complet des 3 parties de la cellule</p>	<p><b>Voir fiche maintenance préventive Annexe n°2</b></p>

### **3.2 RESISTANCE SPECIFIQUE A LA FILTRATION EN MODE MANUEL**

<b><u>Opération à effectuer</u></b>	
Même mode opératoire que précédemment sauf étapes 4,5 et 6.	
Lors du début de la filtration, déclencher le chronomètre, noter le volume du filtrat en fonction du temps (voir tableau 1)	
Même mode opératoire que précédemment	

Remarque : Il est possible d'effectuer la filtration en mode manuel, soit en notant le volume de filtrat recueilli dans un bécher gradué, soit en notant une masse de filtrat recueillie dans un récipient disposé sur une balance électronique dont on aura au préalable effectué la tare.

Répéter le même mode opératoire pour les quatre pressions différentes, dont les résultats seront retranscrits sur un graphique Log P / Log Rs pour obtenir la valeur du coefficient de compressibilité

Valeurs des pressions :

	kN/m <sup>2</sup>	bars
P1	49	0,5
P2	147	1,5
P3	441	4,40
P4	1323	13,20

Le calcul avec quatre pressions différentes permet de vérifier la valeur de la résistance spécifique. Cependant une approche rapide de cette valeur peut se faire sur une seule pression.

**Exemple de tableau**

Mesures	Temps en secondes	Volume lu en cm <sup>3</sup>
1	10	21
2	20	22
3	30	23
4	40	24
5	50	25
6	60	28

**4- MODE D'EMPLOI DE LA DETERMINATION DU COEFFICIENT DE COMPRESSIBILITE**

Si lors de la première partie, les indications ont été suivies, il suffit de reprendre les valeurs de la résistance spécifique aux quatre pressions indiquées. Dans le cas, où une seule résistance spécifique a été calculée, il faut reprendre le même mode opératoire qu'en partie 1 avec les trois pressions restantes.

**5- MODE D'EMPLOI DE LA DETERMINATION DE LA SICCITE LIMITE**

Mettre en œuvre le même mode opératoire décrit pour la détermination de la résistance spécifique, en tenant compte des opérations supplémentaires suivantes, après avoir introduit la prise d'essai dans la cellule :

- enfoncer le piston, vis de purge ouverte, jusqu'à l'affleurement de la boue pour éviter la présence d'air entre celle-ci et le piston.
- resserrer la vis de purge
- revisser le couvercle et poursuivre le mode opératoire de la partie 1

Remarque : L'évacuation de l'air pouvant être prisonnier entre le piston et la boue a pour but de transmettre l'intégralité de la pression admise dans la cellule et d'éviter que le gâteau de boue se craquelle.

En effet, l'air avec l'augmentation de la pression passe au travers du gâteau et le craquelle, faussant ainsi les résultats.

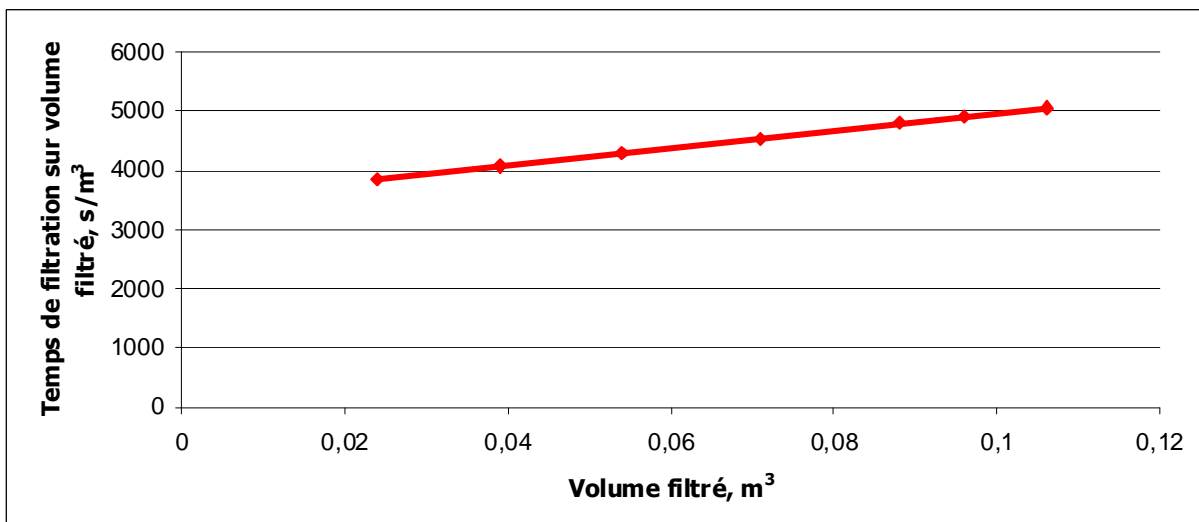
## 6- EXPLOITATION DES RESULTATS

### 6.1 EXEMPLE DE DONNEES COLLECTEES

Surface filtrante	2,72m <sup>2</sup>
viscosité du liquide	0,001 Pa s
densité du liquide	1000 kg/m <sup>3</sup>
fraction solide dans la boue	0,1
La masse de l'échantillon humide de gâteau	1280 g
La masse de l'échantillon sec de gâteau	635 g

Valeurs mesurées			Valeurs calculées	
temps Filtration	pression Filtration	volume filtré	t/V	
t en (s)	(bar)	V en (m <sup>3</sup> )	(s/m <sup>3</sup> )	
0	3	0		
92	3	0,024		3859,7852
160	3	0,039		4080,5015
232	3	0,054		4301,2177
327	3	0,071		4551,3628
418	3	0,088		4801,5079
472	3	0,096		4919,2233
538	3	0,106		5066,3674

**Courbes  $v = f(t/V)$**





## **6.2 DETERMINATION DE LA RESISTANCE SPECIFIQUE A LA FILTRATION**

- tracer la courbe  $f(v) = t/V$
- mesurer la pente (a) de la partie linéaire de la courbe
- déterminer la masse de matière solide (m) déposée

$$m = \frac{M}{V}$$

Avec :

- M = masse du gâteau après séchage en kg
- V = volume total recueilli à la fin de l'expérience en m<sup>3</sup>
- m = masse de matière solide en m<sup>3</sup>/kg

- calculer la valeur de la résistance spécifique à la filtration

$$r = \frac{2a \cdot \Delta P \cdot A^2}{\pi \cdot m}$$

Exemple de calcul de la résistance spécifique

Avec :

- a = pente en s/m<sup>6</sup>
- $\Delta p$  = pression de filtration en N/m<sup>2</sup>
- A = surface de filtration en m<sup>2</sup>
- $\Pi$  = viscosité dynamique du filtrat en 10<sup>-3</sup> N.s/m<sup>2</sup>
- m = masse de gâteau en kg/ m<sup>3</sup> par unité de filtrat
- r = résistance spécifique en m/kg

## **6.3 Détermination du coefficient de compressibilité**

Tracer sur papier à échelle bi logarithmique la courbe  $r = f(\Delta p)$ .

Conseils : les ordres de grandeur sont tels qu'il est conseillé de reporter :

- en abscisses P en 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>
- en ordonnées r en 10<sup>11</sup> m/kg

Si la courbe a une allure linéaire, mesurer graphiquement la pente de la droite obtenue. La valeur de cette égale au coefficient de compressibilité « s ». Ce nombre est exprimé sans unité.

## **6.4 Détermination de la siccité limite**

Noter la masse (M<sub>0</sub>) du gâteau avant séchage et sa masse (M) après séchage.

Calcul de la siccité limite par la formule suivante :

$$S_{L\Delta P} = \frac{100M}{M_0}$$

Il faut préciser sous forme d'indice, la pression à laquelle est effectué l'essai.