

<p>SESSION 5 DISCUSSION</p>

1) Question de M. SANCHEZ à C. TEISSON

Des essais expérimentaux réalisés en laboratoire par Sills* et al et par d'autres auteurs qui travaillent sur la sédimentation dans les stations d'épuration, montrent que pendant la phase de sédimentation en eau calme d'une boue de faible concentration initiale, une discontinuité bien marquée se forme dans le profil des concentrations à partir du fond.

Cette discontinuité est-elle reproduite dans votre modèle ?

- * Sills, G.C. and Mc G. Elder. "The transition from sediment suspension to settling bed", *Estuarine Cohesive Sediment Dynamics*, edited by Mehta, Springer-Verlag, New-York, 1986, pp 192-205.

Réponse de C. TEISSON

Le modèle diphasique n'a pas encore été appliqué en "eau calme", puisque l'intérêt de ce modèle est de représenter l'interaction entre l'hydrodynamique - et notamment la turbulence - et la présence de sédiments cohésifs. Cependant les essais réalisés pour une faible vitesse de l'écoulement (0,5 m/s) et une concentration initiale de 8 g/l conduisent à une sédimentation rapide et à la formation d'un fort gradient (5 - 70 g/l) à partir du fond (cf. Fig. 3 de l'article).

Note : La figure 3 est exprimée en fonction de la concentration volumique α_2 . Pour le type de floccs étudiés, de densité 1070 kg/m³, la relation entre concentration en poids sec T_s (en g/l) habituellement utilisée et α_2 est $T_s = 112 \alpha_2$.

2) Question de P. LE HIR à M. SANCHEZ

La relation $\sigma'(C)$ que vous avez introduite dans le modèle est calibrée d'après des évolutions de hauteurs totales de culots de tassement, en laboratoire. Avez-vous comparé les profils de concentration en fin de tassement pour ces culots à ceux obtenus par simulation numérique ?

Réponse de M. SANCHEZ

En effet, les paramètres de notre loi reliant la contrainte effective et la concentration sont déterminés par une régression non-linéaire basée sur les hauteurs finales mesurées en laboratoire et sur les hauteurs finales résultant de la propre loi $\sigma' = f(C)$.

La régression non-linéaire permet de trouver les valeurs des paramètres B_1 et B_2 donnant le meilleur ajustement satisfaisant la condition de moindres carrés.

Cette démarche servant à déterminer les paramètres B_1 et B_2 est valable si l'on accepte l'existence d'une relation unique $\sigma' = f(C)$ pour l'ensemble des colonnes de tassement.

D'autre part, la loi reliant la contrainte effective et la concentration utilisée dans notre modèle simule une transition graduelle entre le processus de sédimentation et celui de consolidation, car elle a les propriétés suivantes :

$$\sigma' = 0 \quad \frac{d\sigma'}{dC} = 0 \quad \text{pour : } C \leq C_0$$

$$\sigma' > 0 \quad \frac{d\sigma'}{dC} > 0 \quad \text{pour : } C > C_0$$

Ainsi, notre modèle de consolidation modélise le tassement par sédimentation comme un cas particulier en absence de contraintes effectives

($C_c = 0$ dans l'équation (31) de notre article).

Finalement, nous confirmons que dans notre étude en laboratoire nous n'avons pas mesuré les profils de concentration à l'intérieur des culots de tassement. Cependant, nous avons constaté que l'allure des profils de concentration en cours et en fin de processus de consolidation, déterminés d'après notre modèle, est semblable à celle mesurée par certains auteurs sur des matériaux mous.

3) Questions de S. GALLOIS à M. SANCHEZ

Votre modèle suppose une loi de perméabilité ne dépendant que de la concentration de la vase. Or, vos expérimentations semblent mettre en évidence une variation de k avec la hauteur du dépôt. Comment expliquez-vous ce phénomène ?

Réponse de M. SANCHEZ

La formulation d'une loi de variation du coefficient de perméabilité avec la hauteur du dépôt est contraire à la loi de Darcy. C'est pourquoi le coefficient de perméabilité qui est une propriété de l'ensemble vase-eau, est rattaché à la concentration, variable d'état dans notre modèle de consolidation.

Par ailleurs, les paramètres A_1 et A_2 de la loi de variation du coefficient de perméabilité mentionnés dans notre article permettent la simulation simultanée du tassement dans les 7 colonnes étudiées en laboratoire, indépendamment de la hauteur initiale.

D'autres ajustements des paramètres de la loi de variation du coefficient de perméabilité réalisés de façon à reproduire les tassements dans chaque colonne, conduisent à des valeurs du coefficient de perméabilité différentes pour une même concentration selon la colonne étudiée.

Ces valeurs du coefficient de perméabilité sont d'autant plus importantes que la hauteur initiale du dépôt est plus élevée. Deux explications peuvent être avancées :

- d'une part, nous sommes dans un domaine des faibles gradients hydrauliques où les erreurs relatives liées à l'expérimentation sont importantes ;
- d'autre part, plusieurs auteurs (MOULIN et HANSBO*) mettent en doute la linéarité de la loi de Darcy précisément dans le domaine des faibles gradients hydrauliques et c'est ce que nous observons.

Cette déviation de la loi de Darcy pour les faibles gradients hydrauliques est expliquée en partie par une saturation incomplète du matériau ; dans ces conditions, le volume relatif occupé par la phase gazeuse est lié à la pression normale totale.

Ainsi, nos observations sont expliquées par le fait que la hauteur initiale du dépôt influence directement la pression normale totale, laquelle, en comprimant la phase gazeuse modifie l'état de la vase et par conséquent k .

- * **MOULIN, G.** Contribution à l'étude de la consolidation des argiles. Etude en laboratoire de la perméabilité. Rapport DEA présenté au Laboratoire de Mécanique des Sols de l'Ecole Nationale Supérieure de Mécanique, Nantes, 1968.
- * **HANSBO, S.** "Consolidation of clay with special reference to the influence of vertical sand drains". Proceeding 18, Swedish Geotechnical Institute, Stockholm, 1960.

4) Question de R. BONNEFILLE à P. LE HIR

1) La question est une proposition d'utiliser les mesures de vitesse, concentration et salinité (plus de 5 000 points de mesures) effectuées en Gironde.

2) La vitesse de chute utilisée pour tarer le modèle est elle du même ordre de grandeur ou d'un ordre de grandeur supérieur que celle mesurée en eau calme ?

Réponse de P. LE HIR

Oui effectivement les vitesses de chute introduites dans nos modèles de transport sédimentaire sont d'un ordre de grandeur supérieur aux vitesses mesurées en laboratoire (soit environ 1 à quelques mm/s). En fait des mesures récentes effectuées in situ par système vidéo (voir Van Leussen et ses travaux dans l'Euro Dollar, par exemple) ont permis de mettre en évidence des valeurs très élevées dans certaines conditions (flocs importants ...), de l'ordre de quelques mm/s.

En outre la taille des particules en floes n'est pas le seul facteur à prendre en compte : leur forme et surtout leur densité ont un effet notable sur les vitesses de chute. La mesure de densité des floes est l'objet d'une préoccupation très actuelle des expérimentateurs.

5) Question de R. BONNEFILLE à F. MARIN

1) Avez-vous fait la liaison entre les valeurs des rotationnels au fond et les courants secondaires dans la houle en application des théories de Miche et de l'Hermitte ? Les ordres de grandeurs des rotationnels mesurés sont-ils du même ordre de grandeur que de ceux qui engendrent les courants secondaires connus ?

2) Dans le canal à houle utilisé, le courant secondaire est-il libre ou constant ; c'est-à-dire existe-t-il une conduite permettant le retour du débit entraîné entre l'amont et l'aval du canal à houle ?.

Réponse de F. MARIN

1) La comparaison des ordres de grandeur du rotationnel n'a pas encore été effectuée avec le modèle de Miche-l'Hermitte.

2) Il existe un courant résiduel dans notre canal à houle. Dans notre zone de mesure, il est orienté dans le sens de propagation au voisinage du fond ; il s'inverse plus haut et se redirige dans le sens de propagation près de la surface libre.

6) Question de D. GIEULLES à F. MARIN

Avez-vous vérifié que les variations des conditions de houles (T et L) donnaient les mêmes tendances sur les relations production/vitesse tourbillonnaire ?

Réponse de F. MARIN

Nous n'avons pas fait varier les conditions de houle pour nos mesures au-dessus des rides. Les dimensions des rides dépendent d'ailleurs de la houle générée. Cependant, nous envisageons de refaire des mesures en doublant le Reynolds tout en conservant les mêmes rides afin de comparer alors nos résultats à ceux du modèle numérique de Blondeaux (1991).