

liquide engendre une contrainte supplémentaire sur les particules.

Si, pour des raisons géométriques, le flux d'eau est au moins en partie orienté du bas vers le haut, cette variation de pression peut même engendrer une force qui s'oppose à la force d'ap-

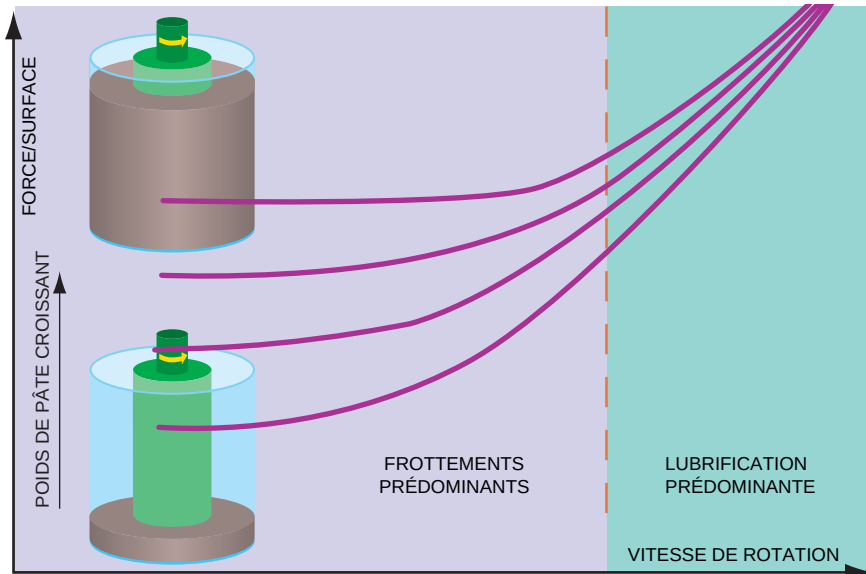
pui mutuelle liée au poids des particules. Dans ce cas, le glissement entre deux particules se fait sans effort : le mélange perd toute résistance à la déformation. Ce phénomène est l'une des causes des sables mouvants. La destruction des barrages en remblai

résulte des mêmes mécanismes. En circulant à travers le pied du barrage, l'eau «liquéfie» la masse granulaire qui s'érode à l'aval du remblai, ce qui peut détruire l'ouvrage.

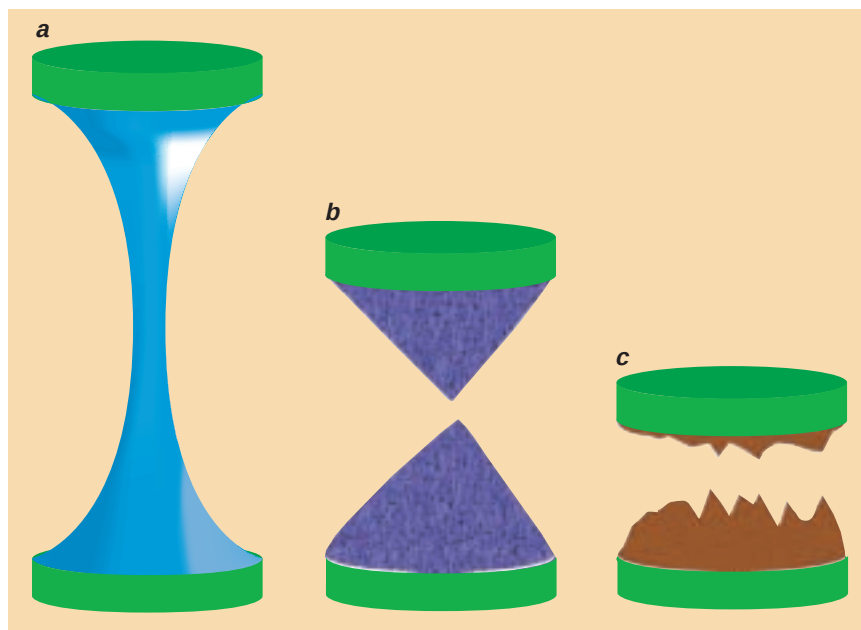
Ce mouvement du liquide par rapport aux grains amène des comportements contraires à l'intuition. La pose de carrelage à l'aide de mortier en est un exemple. On pose une certaine quantité de mortier au centre de la surface où l'on va placer le carreau, puis, en appuyant sur le carreau, on étale la couche de mortier. Contre toute attente, il est nettement plus facile d'écraser le mortier rapidement que lentement. L'explication est simple : l'écoulement de l'eau à travers la matrice granulaire et l'écoulement d'ensemble de la pâte sont en concurrence. Lorsque la pression est faible, le passage de l'eau à travers le squelette granulaire, plus aisé et plus rapide que l'étalement de la pâte, se fait d'abord. Le mortier exsude son eau et, très rapidement, c'est une couche de grains presque secs que l'on doit écraser, avec toutes les difficultés que l'on sait ! En revanche, en appliquant un effort initial violent, l'écoulement de la pâte dans son ensemble (eau et grains) est plus facile et plus rapide : on écrase la couche de mortier jusqu'à ce qu'elle recouvre complètement la surface voulue. Ces phénomènes se manifestent également, avec des conséquences plus graves, dans la mise en forme de pâtes de céramique ou de ciment par extrusion. On force la pâte à traverser une filière (cylindre creux) dont la section lui donne la forme souhaitée. Si la vitesse d'extrusion est mal adaptée et que l'exsudation commence, l'écoulement se bloque et la filière explose.

La lubrification disperse

Ainsi, selon sa vitesse, le liquide interstitiel peut déclencher l'écoulement ou, au contraire, le ralentir, voire le bloquer, mais des effets plus subtils apparaissent lorsque la pâte granulaire s'écoule. Lors de l'écoulement, les grains ont parfois tendance à s'écarter. Ce phénomène résulte de la lubrification par une fine couche de liquide. La distribution de pression au sein du liquide cisailé entre deux corps qui glissent l'un contre l'autre est alors telle que le liquide tend à les écarter. La force à appliquer pour rapprocher l'un de l'autre deux grains plats au sein d'un liquide augmente



4. MESURE DE LA LOI DE COMPORTEMENT d'une pâte granulaire. Une pâte granulaire est placée entre deux cylindres mobiles. À faible vitesse, la pâte granulaire se comporte à peu près comme un tas de sable : la force par unité de surface à appliquer pour déclencher la rotation est proportionnelle au poids de matériau (à la hauteur de pâte). En revanche, à grande vitesse, le comportement de la pâte est analogue à celui d'un liquide simple : la force nécessaire pour la mise en rotation est seulement proportionnelle à la vitesse d'écoulement. À grande vitesse, les particules n'ont pas le temps de recréer le réseau de contacts directs à l'origine de la résistance de la pâte aux faibles vitesses.



5. LORSQUE L'ON ÉTIRE UNE PÂTE FINE CONCENTRÉE, celle-ci a tendance à se fracturer (c), alors qu'un liquide simple s'allonge indéfiniment si son poids ne joue aucun rôle (a). Une pâte constituée de gros grains ou peu concentrée a un comportement intermédiaire : elle se déforme d'abord continûment, puis elle se sépare rapidement en deux mottes (b). Ce phénomène se produit lors de la préparation d'une pâte à tarte : si l'on ajoute un peu de farine, on obtient un mélange trop liquide qui s'étale ou s'étire facilement sans se fracturer ; avec trop de farine, la pâte se fracture rapidement dès qu'on la manipule.