

Titre : Modélisation numérique de la localisation de l'écoulement et des déformations dans les milieux poreux partiellement saturés.

Mots clés : milieu poreux, digitation, champs de phase, éléments finis.

Résumé : L'écoulement sous forme de digitation (fingering en anglais) est une instabilité hydraulique qui se produit dans les milieux poreux partiellement saturés en raison du déplacement du fluide en place dans les pores par un autre fluide caractérisé par une densité et une viscosité différente. Dans le cas du déclenchement de cette instabilité l'interface séparant les deux fluides devient instable et forme des doigts (fingers). Les modèles classiques décrivant l'écoulement dans les milieux poreux partiellement saturés ne permettent pas de modéliser ce phénomène étant basés sur une loi de comportement donnée par la courbe de rétention, qui relie directement la pression capillaire au degré de saturation. Afin de tenir compte de la digitation un modèle à gradient qui repose sur une approche de champs de phase pour les milieux poreux partiellement saturés déformables est adopté dans le cadre de ce travail. La mise en place numérique de ce modèle poromécanique enrichi par la méthode des éléments finis permet, d'une part, de simuler le développement de la digitation et, d'autre part, de capturer son effet sur la déformation irréversible, et éventuellement localisée, du squelette solide. L'application envisagée concerne le comportement des sols à grains fins dont le comportement dilatant/contractant suscite de plus en plus l'intérêt de la communauté scientifique tant dans le domaine de la recherche expérimentale que dans celui de la modélisation numérique.

Title : Numerical modeling of fingering and strain localization in partially saturated porous media.

Keywords : porous media, fingering, phase field, finite element method.

Abstract : Fingering flow is a hydraulic instability that occurs in partially saturated porous media due to the displacement of the fluid in place in the pores by another fluid characterized by a different density and viscosity. When this instability is triggered, the interface separating the two fluids becomes unstable, forming fingers. Traditional models describing flow in partially saturated porous media are unable to model this phenomenon, as they are based on a constitutive law given by the retention curve, which directly relates capillary pressure to the degree of saturation. In order to account for fingering, a gradient model based on a phase field approach for deformable partially saturated porous media is adopted in this work. The numerical implementation of this new poromechanical model, using the finite element method, allows characterizing on the one hand the occurrence of fingering hydraulic instabilities and on the other one to capture their effects on the irreversible, and possible unstable, deformation of the solid skeleton. The envisaged application concerns the behavior of fine-grained soils whose dilatant/contractant behavior is more and more attracting the interest of the scientific community both in the fields of experimental research and numerical modeling.