

Écoulement de l'eau dans les aquifères peu profonds

Christophe BOUREL, LMPA - Calais

Carole ROSIER, LMPA - Calais

Jérôme CARRAYROU, ITES - Strasbourg

Dans cet exposé, nous étudions deux modèles efficaces pour décrire l'écoulement de l'eau dans les aquifères peu profonds (voir [1], [2]). L'objectif est de proposer des alternatives robustes au modèle de Richards 3D dont la résolution numérique s'avère prohibitive dans de telles géométries et sur de grandes échelles de temps.

Comportements dominants effectifs. Nous introduisons pour commencer deux régimes asymptotiques de l'écoulement dans les aquifères peu profonds :

- **La composante rapide** associée à une échelle de temps courte, elle consiste en une famille de problèmes de Richards 1D verticaux, paramétrés par la position horizontale ;
- **La composante lente** sur le temps long, l'écoulement vertical apparaît comme instantané, conduisant à une charge hydraulique constante verticalement. L'évolution de cette charge se réduit à un problème 2D horizontal (approximation de Dupuit).

Modèles approchés couplés. En se basant sur ces comportements dominants, nous proposons deux modèles qui approchent bien le problème de Richards 3D original lorsque le ratio profondeur/largeur est petit, et ce, quel que soit l'échelle de temps considérée :

- Le premier modèle couple deux EDP décrivant l'écoulement sur deux parties du domaine. L'écoulement est considéré purement vertical dans la partie insaturée du domaine (entre le sol et la nappe phréatique). Dans la nappe, l'écoulement est purement horizontal et caractérisé par un problème 2D ;
- Dans le second modèle le couplage «composante rapide»–«composante lente» intervient directement sur les composantes verticale et horizontale du champ de vitesse sur l'ensemble du domaine.

Dans les deux approches, les modèles se réduisent en un système couplant de multiples problèmes de Richards 1D verticaux (indépendants) avec un problème horizontal 2D. Cette structure en fait des modèles très rapides à résoudre numériquement par rapport au problème de Richards 3D complet.

Schémas numériques. Nous présenterons un schéma aux volumes finis, implicite en temps, adapté à la structure spécifique de ces deux modèles. Celui-ci est basé sur l'utilisation d'une méthode de Newton pour la résolution du couplage 1D–2D.

Enfin, nous présenterons des simulations numériques afin de comparer la précision et l'efficacité de ces deux approches vis-à-vis du modèle de référence.

[1] C. Bourel. *Water flow in shallow aquifers without the dupuit hypothesis*. *Computers & Mathematics with Applications*, **163**, 165–185, 2024. doi :<https://doi.org/10.1016/j.camwa.2024.03.027>.

[2] C. Bourel, C. Choquet, C. Rosier, M. Tsegmid. *Modeling of shallow aquifers in interaction with overland water*. *Appl. Math. Model.*, **81**, 727–751, 2020. doi :[10.1016/j.apm.2020.01.011](https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.01.011).