

Modélisation de la remontée des eaux dans les anciennes mines de charbon : un outil pour détecter les seuils de risques d'inondation en plaine alluviale de la Meuse près de Liège (Belgique)

A. DASSARGUES¹, S. WILDEMEERSCH^{1,2}, Ph. ORBAN¹, S. BROUYERE¹

MOTS-CLÉS

Remontée des nappes, travaux miniers, ennoyage d'après-mine, modélisation, inondations en pied de versant

ASPECTS POST-MINIERS EN RÉGION LIÉGEOISE

La plaine alluviale de la Meuse occupe la partie centrale du bassin charbonnier de Liège. Durant les exploitations minières, les niveaux d'eau des aquifères avaient été rabattus par des pompages d'exhaure. Des galeries d'exhaure creusées à partir des pieds de versant dans la vallée de la Meuse contribuaient également à dénoyer le gisement. La fermeture des dernières exploitations minières durant les années 70 et 80 a été le plus souvent assortie d'un arrêt des opérations de pompage qui y sont associées. Ceci a induit une remontée significative des eaux souterraines avec des conséquences indésirables possibles.

OBSERVATION SUR LES CONSÉQUENCES DES REMONTÉES DES NAPPES

La re-saturation des vides miniers et la remise en charge des nappes dans des zones très largement influencées par les travaux d'exploitation conduisent à un nouvel équilibre hydrogéologique. Celui-ci est affecté par les anciennes galeries ou puits non effondrés et les chantiers d'exploitation foudroyés ou remblayés, accroissant localement la perméabilité et induisant des chemins d'écoulement préférentiels. On a notamment observé : (a) l'apparition de nouvelles émergences au pied des versants ; (b) l'augmentation de la mise en charge et donc de l'alimentation des nappes alluviales par le bed-rock houiller ; (c) la saturation en eau des massifs rocheux ou du colluvium en pied de talus ; (d) l'augmentation de la probabilité d'occurrence d'inondations brutales ('coups d'eau') en pied de versant dans la vallée de la Meuse résultant de l'émission soudaine d'un très fort débit d'eau ou de boue par une ancienne galerie de drainage. La forte corrélation entre les débits mesurés aux exutoires et les niveaux piézométriques montre que les zones exploitées peuvent être interconnectées soit par des failles, soit par d'anciennes galeries non reprises dans les archives et les données disponibles. De plus, il est observé que le drainage significatif de certaines zones du massif par des galeries de drainage ne s'amorce que lorsque les niveaux piézométriques atteignent un certain seuil.

MODÉLISATION ET EXEMPLE D'APPLICATION

Pour pouvoir interpréter le comportement très particulier des nappes contenues dans les massifs houillers exploités, il a été nécessaire de considérer que ces aquifères 'artificiels' soient constitués de plusieurs zones caractérisées par des fonctionnements hydrauliques spécifiques mais interagissant par le biais de liaisons qui ne s'activent que lorsque les niveaux piézométriques atteignent certains seuils. Les techniques de modélisation classiques, basées sur la représentation du milieu souterrain réel par un milieu poreux équivalent ne sont pas très fiables ni réalistes dans ces contextes particuliers. Une méthode mixte de modélisation, appelée HFEMC pour « Hybrid Finite Element Mixing Cell », a donc été développée. Celle-ci consiste à coupler une approche de réservoir linéaire 'box model' ou 'mixing cell' pour les zones exploitées avec une approche classique ('finite element') pour les zones non exploitées adjacentes et surincombantes. Grâce à ce couplage entre un *box model* et un modèle classique, l'approche mixte présente l'avantage de prendre en compte les interactions entre zones exploitées et non exploitées sans nécessiter une caractérisation détaillée et exhaustive du système minier (Fig. 1). Le principe fondamental de l'approche mixte consiste à subdiviser la zone à modéliser en sous-domaines représentant des unités hydrogéologiques distinctes, soit parce qu'elles sont hydrogéologiquement relativement indépendantes, soit parce que leur degré de caractérisation est différent. Au contact entre sous-domaines sont définies des

¹ Hydrogéologie & Géologie de l'Environnement, Université de Liège, Belgique

² maintenant à la SPAQuE, Liège, Belgique

interfaces permettant de simuler les échanges d'eau, sous forme de conditions aux limites internes. L'utilisation de ces dernières permet également de calculer un bilan pour chaque sous-domaine. Plus de détails sur les principes mathématiques et numériques utilisés, sur les conditions aux limites internes et externes, sur la prise en compte des cours d'eau, ainsi que sur les tests sur des cas synthétiques ont été publiés par Wildemeersch et al., (2008, 2010) et Brouyère et al. (2009).

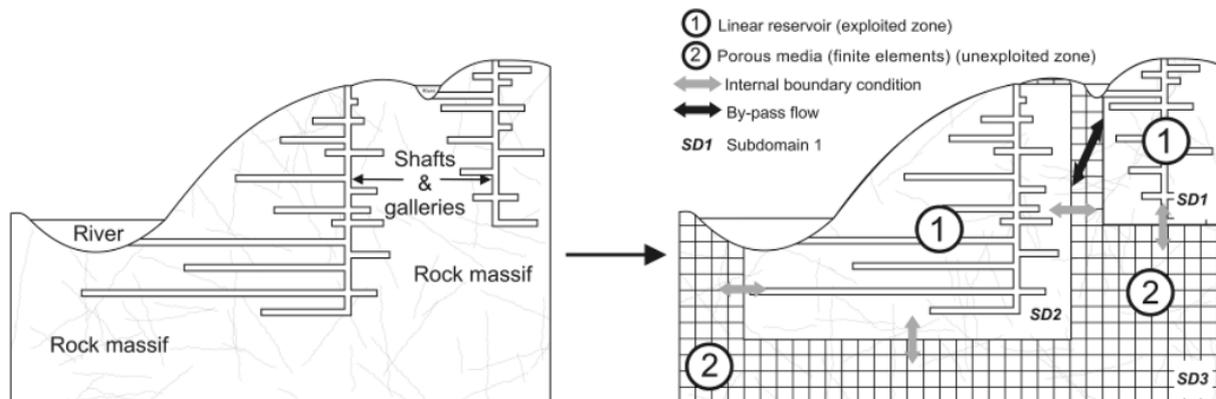


Figure 1 : Approche mixte combinant des parties du modèle avec des réservoirs linéaires pour les zones anciennement exploitées et des parties avec un maillage éléments finis pour les zones non-exploitées. Ces parties sont interconnectées par des conditions aux limites internes (du 1^{er} ordre) et par des conduits de 'by-pass'.

RÉSULTATS ET GESTION DES NAPPES AQUIFÈRES CONCERNÉES

Les écoulements souterrains dans la zone minière modélisée ont ainsi été simulés avec succès et une série de scénarios, incluant le risque de 'coup d'eau' dans la plaine alluviale, ont permis d'améliorer la compréhension du fonctionnement hydrogéologique du système de façon à aider à gérer le risque créé par les remontées des eaux souterraines et les débits dans ces travaux miniers abandonnés.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les techniques les plus avancées de la modélisation des nappes aquifères, appliquées dans un massif houiller à la fois très hétérogène et parfois mal caractérisé, ont permis de dégager des valeurs seuils des niveaux d'eau à partir desquelles le risque de 'coup d'eau' dans la vallée de la Meuse devient important. Il s'agit clairement d'une aide précieuse à la gestion du risque hydrologique lié aux anciennes exploitations de charbon. Cette approche est applicable dans d'autres circonstances minières similaires.

RÉFÉRENCES

- Brouyère, S., Carabin, G., Dassargues, A., 2004. Climate change impacts on ground water resources: modelled deficits in a chalky aquifer, Geer basin, Belgium, *Hydrogeology Journal*, 12, pp. 123-134.
- Brouyère, S., Orban, Ph., Wildemeersch, S., Couturier, J., Gardin, N., Dassargues, A., 2009. The Hybrid Finite Element Mixing Cell method: a new flexible method for modelling mine ground water problems, *Mine Water and the Environment*, 28(2), pp. 102-114.
- Carabin, G., Dassargues, A., 1999. Modeling ground water with ocean and river interaction, *Water Resources Research*, 35(8), pp. 2347-2538.
- Gardin, N., Brouyère, S., Dassargues, A., 2005. Modélisation de la remontée des niveaux piézométriques dans les massifs affectés par des travaux miniers dans l'ancien bassin charbonnier liégeois - Site pilote de Cheratte, Université de Liège, 90 p.
- Wildemeersch, S., Couturier, J., Orban, Ph., Gardin, N., Brouyère, S., Dassargues, A., 2008. Modélisation d'une partie du bassin charbonnier de Liège selon une approche mixte au moyen du logiciel SUFT3D, Rapport final, RW08/01, Université de Liège, 108 p.
- Wildemeersch, S., Brouyère, S., Orban, Ph., Couturier, J., Dingelstadt, Cl., Veschkens, M., Dassargues, A., 2010. Application of the Hybrid Finite Element Mixing Cell method to an abandoned coalfield in Belgium, *Journal of Hydrology*, 392, pp. 188-200.
- Wildemeersch S., Goderniaux P., Orban P., Brouyère S. and Dassargues A., 2014, Assessing the effects of spatial discretization on large-scale flow model performance and prediction uncertainty, *Journal of Hydrology*, 510, pp 10-25.