

Contribution d'un modèle à la détermination des zones de prévention autour des captages de sources à l'émergence dans les calcaires carbonifères du Condroz (Belgique)

J. Derouane, A. Dassargues et A. Monjoie¹

¹: Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur, d'Hydrogéologie, et de Prospection Géophysique (L.G.I.H.),
Université de Liège, Bat. B19, 4000 LIEGE, BELGIQUE

La difficulté de déterminer les zones de protection/prévention est illustrée dans le cas d'un aquifère karstique situé en milieu rural, où des galeries captantes drainent les émergences naturelles du bassin calcaire du Néblon (région agricole du Condroz) et alimentent en eau potable une partie de la région liégeoise. Le Condroz est caractérisé par une alternance typique de crêtes anticlinales à substratum schisto-gréseux (Famennien) et de dépressions synclinales calcaires (Dinantien). Le relief est entaillé par le réseau hydrographique surimposé transversalement à la structure générale E-W. La nappe calcaire karstique est drainée longitudinalement par le Néblon dont le bassin a une superficie de 65,24 km², une longueur de 15,5 km et une largeur moyenne de 4 km. Le drainage souterrain est peu structuré, et les exutoires sont assez diffus le long du Néblon. Du point de vue de la fracturation, on distingue notamment des failles transversales NNW-SSE à N-S, susceptibles de drainer la nappe en direction des galeries, engendrant une anisotropie de la perméabilité. On distingue deux ensembles aquifères principaux : l'un dans les calcaires du Tournaisien et du Viséen (Dinantien), l'autre dans les grès du Famennien. Le premier constitue l'aquifère karstique principal du bassin du Néblon. La perméabilité de fissures et de chenaux y est très élevée.

Les manifestations karstiques, hormis les émergences à fort débit qui sont captées, sont des pertes, des vallées sèches et des dolines. Trois pertes seulement sont à signaler, dont une seule pour laquelle des vitesses de transfert maximales de 73 m/h ont été observées pour atteindre une des galeries (Meus, 1995). De telles vitesses confirment que dans certaines zones, les écoulements sortent du domaine de validité de la loi de Darcy. Des essais de pompage ont fourni des transmissivités de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-3} m²/s. Les transmissivités caractérisant les fissures sont en réalité certainement supérieures à 10^{-2}

m²/s, voire bien plus élevées encore dans le cas de chenaux karstiques (où les lois d'écoulement et de transport en milieu saturé ne sont par ailleurs plus applicables), tandis que les blocs calcaires massifs sont caractérisés par des transmissivités bien plus faibles que les valeurs moyennes précitées. Une valeur moyenne de porosité efficace de 1.5 à 2 % a été estimée pour l'entièreté du bassin du Néblon, sur base de l'interprétation des variations annuelles des réserves. A une échelle inférieure, seuls des essais de traçage réalisés dans plusieurs contextes géologiques locaux différents (zone peu fissurée, axe de fissuration mineur ou majeur, conduit karstique, ...) permettraient d'estimer des valeurs de porosité efficace plus représentatives de chaque situation particulière. Des traçages réalisés à partir de piézomètres n'ont pas donné de résultats. Par contre, les traçages réalisés en conduit karstique (perte) ont été concluants, mais les modèles utilisés pour le calcul des paramètres hydrodispersifs ne représentent le transport que le long d'un conduit unique (1D), à l'exclusion du milieu environnant (Rossier et Kiraly, 1992). La notion de porosité efficace ne peut donc être correctement approchée et l'interprétation fournit une valeur de dispersivité longitudinale de 15 m. Plus la porosité de fissure est importante, plus les dispersivités sont élevées. Il convient de rappeler toutefois que les valeurs trouvées sont entâchées d'imprécisions dues aux hypothèses de validité des modèles utilisés. Les valeurs de dispersivités calculées les plus élevées, pouvant atteindre 100 m, sont donc largement surestimées puisqu'elles correspondent aux conduits les plus développés c'est-à-dire aux vitesses de transfert les plus élevées. Les variations saisonnières des niveaux piézométriques montrent un écart maximal de l'ordre de 30 mètres. On a noté la grande diversité de comportement des piézomètres, due à l'hétérogénéité de l'aquifère. L'interprétation des cartes piézométriques permet de déduire certaines caractéristiques locales de distribution des flux souterrains (sous réserve des hypothèses de continuité qui sont à discuter et à défaut de données supplémentaires).

Le modèle global est discrétisé en 3615 éléments triangulaires, dont la taille des côtés varie de 250 m (maillage primaire régulier) à quelques mètres. La taille des éléments et

la forme du maillage sont adaptés en fonction de la géométrie du terrain. Les tracés des limites géologiques, des failles ou axes de fissuration, des galeries, du Néblon, et la position des forages sont ainsi explicitement représentés par une discrétisation adaptée. Les sous-modèles 1 (contenant 2041 éléments) et 2 (contenant 1048 éléments) sont des portions isolées du modèle global, dans lesquelles le maillage a été raffiné afin d'obtenir un degré de précision adaptée.

Calcaires karstifiés tournaisiens et viséens		
Transmissivités (m^2/s) :	milieu équivalent : fissures : conduits karstiques : blocs :	10^{-3} à 10^{-4} 10^{-2} >>> (Darcy non valable) < 10^{-5}
Porosité efficace :	milieu équivalent :	1 à 2 %
Dispersivité longitudinale:	milieu équivalent : conduits karstiques :	max. 30 m max. 100 m (surévalué, loi de Darcy non valable)
Dispersivité transversale:	milieu équivalent :	1 à 5 m
Diffusion moléculaire :	$10^{-9} m^2/s$	
Grès famenniens		
Transmissivités (m^2/s) :	milieu équivalent :	10^{-4} à 10^{-5}
Porosité efficace :	milieu équivalent :	10 % (ordre de grandeur)
Dispersivité longitudinale:	10 m (ordre de grandeur)	
Dispersivité transversale :	1 m (ordre de grandeur)	
Diffusion moléculaire :	$10^{-9} m^2/s$	

Le modèle d'écoulement est calibré en régime permanent sur une piézométrie correspondant à une situation de "hautes eaux". Une anisotropie générale $T_y = 1,5 T_x$ a été introduite, correspondant au réseau de fissures perpendiculaires au plissement et à la stratification. Rappelons par ailleurs que les valeurs introduites se rapportent à un Elément de Volume Représentatif (milieu équivalent), comme on l'a vu plus haut. Par conséquent, les flux calculés peuvent être largement sous-estimés par rapport aux écoulements que l'on observe à l'intérieur des zones très fissurées et surtout dans les conduits karstiques. Plus de 250 points d'injection ont été définis, soit autant de

simulations successives réalisées à l'échelle du modèle global et des sous-modèles en fonction de l'isochrone à calculer. On constate que les axes de fissuration représentés explicitement dans le modèle engendrent des élargissements du périmètre des zones de prévention, puisque les vitesses de transfert y sont plus élevées. A ce titre, les vitesses de transfert observées dans le conduit karstique mettant en relation la perte tracée et les galeries sont nettement plus élevées que celles calculées par le modèle. Il est clair que l'isochrone de 24 h est donc sous-estimée, au droit de cet axe, par rapport à la réalité. Les contrastes sont lissés vu la moyennisation des propriétés physiques introduites dans le modèle à l'échelle de l'E.V.R. considéré (Pulido-Bosch et Padilla, 1988). Dans la réalité, on devrait s'attendre à des contrastes beaucoup plus importants, observés à des échelles bien plus petites. Il conviendrait d'inclure en zone IIa toutes les zones de pertes (cette situation est d'ailleurs explicitement prévue dans la législation).

A l'issue de cette étude préliminaire, il qu'une étude beaucoup plus systématique reprenant tous les facteurs affectant la vulnérabilité intrinsèque de cet aquifère devrait suivre (Doerfliger et Zwahlen, 1995). Sur base de la collecte exhaustive de ces informations, quelques essais de traçage complémentaires seraient nécessaires afin de mieux préciser le fonctionnement du système karstique. Ce n'est que par l'analyse de ces données indispensables mais peut-être encore insuffisantes, que nous pouvons espérer pouvoir délimiter de façon plus précise les zones de prévention à définir pour ces galeries captantes.

-
- Doerfliger N. et F. Zwahlen, 1995. EPIK: a new method for the delineation of protection areas in karstic environment, Int. Symp. on Karst Waters and Environmental Impacts, 10-20 septembre 1995, Antalya, (sous presse).
 - Meus Ph., 1995. Distribution and main characteristics of the Palaeozoic limestones in Belgium, in National Report of Belgium, COST 65: "Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas", European Commission, Report EUR 16547 EN, pp. 37-63.
 - Pulido-Bosch, A. et A. Padilla, 1988. Some considerations about the simulation of karstic aquifers, Proc. of the IAH XXI Congress Karst Hydrogeology and Karst Environment Protection, Guilin, pp. 583-588.
 - Rossier, Y. et L. Kiraly 1992. Effet de la dilution sur la détermination des dispersivités par interprétation des essais de traçage dans les aquifères karstiques, *Bull. Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel*, n°11, pp.1-15.