

## HYDRODYNAMIQUE DE LA NAPPE AQUIFERE DU CALCAIRE CARBONIFERE EN HAINAUT<sup>1</sup>

par

A. DELMER<sup>2</sup>

(6 figures)

**ABSTRACT.**- A model of water circulation in the Carboniferous limestone of Hainaut has been proposed. It deals with all hitherto known facts in both the field of water chemistry and waterlevels. A few consequences of such model are examined.

Le sondage de St Ghislain (Pl. 150E, n° 387) a traversé, de 2400 à 2630 mètres de profondeur, plusieurs épisodes karstiques (au moins trois) à très forte perméabilité. Ces zones sont comprises dans une masse compacte et imperméable, constituée, pour l'essentiel, d'anhydrite.

Ce karst s'est manifesté assez brutalement par la perte des boues de forage et par l'augmentation irrégulière de la vitesse d'avancement de l'outil. Les diagraphies Schlumberger ont précisé la topographie de ce karst, en l'absence de carottage que la perte des boues d'injection avait obligé d'interrompre. La figure 1 résume les observations qu'on a pu faire à travers cette stampe. Au moins 150 mètres de hauteurs cumulées peuvent être considérés comme franchement karstiques.

Actuellement, le trou est tubé et la zone karstique, crépinée. A l'orifice du sondage (cote : + 26), la pression est d'environ 3.5 à 4 bars et, à l'ouverture de la vanne placée en surface, la duse débite 93 m<sup>3</sup>/heure d'une eau qui atteint la température de 66°C après 24 heures d'écoulement. La composition chimique de l'eau est (exprimée en milliéquivalents)

Ca <sup>++</sup>	21.367	Cl <sup>-</sup>	2.731
Mg <sup>++</sup>	3.908	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.50
Na <sup>+</sup>	3.330	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	23.45
K <sup>+</sup>	0.259	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.001
Sr <sup>++</sup>	0.157	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0.001
NH <sub>4</sub> <sup>++</sup>	0.000 <sub>6</sub>	SiO <sub>2</sub>	0.143
	29.022		28.826

La question se pose de savoir d'où vient cette eau et quel est le régime hydrodynamique de la nappe qui la véhicule. Outre l'intérêt théorique qui s'attache à la solution de ce problème, on mesure son importance dans l'utilisation de cette source de calories.

Les observations qu'on a faites dans le sondage de St Ghislain sont fondamentales sans doute mais si nous sommes en mesure de présenter aujourd'hui un modèle satisfaisant, c'est bien grâce aux données et analyses que les chercheurs ont accumulées depuis un siècle. A cet égard, les contributions de Jules Delecourt sont essentielles, notamment cette note qu'il présentait à la Société Géologique de Belgique en octobre 1936 (DELECOURT, J., 1936).

La nappe aquifère qui circule dans le Calcaire carbonifère, sous le bassin crétacique de la Vallée de la Haine, répond à un modèle simple, mais assez singulier à première vue.

La limite Houiller - Calcaire du bord nord du Bassin de Namur court d'ouest en est en s'élevant de la cote + 20 à St Amand-les-Eaux en France à la cote + 120 à Godarville. La méridienne passant par Mons-Erbisoeul coupe ce trajet de 60 km, à peu près en son

<sup>1</sup> Extrait de la lecture présidentielle présentée en séance du 2/10/1979 et consacrée à l'influence des évaporites sur l'évolution tectonique des Bassins Houillers du Hainaut. Manuscrit déposé le 2/10/1979.

<sup>2</sup> Service géologique de Belgique, 13, rue Jenner, 1040 Bruxelles, Belgique.

Prélèvement du 5-04-1979. Analyse : Laboratoire de M. le Professeur I. ELSKENS (V.U.B.).

Log Schlumberger dans la Zone Karstique du Sondage de S<sup>t</sup> Ghislain  
(2 200 - 2 700)

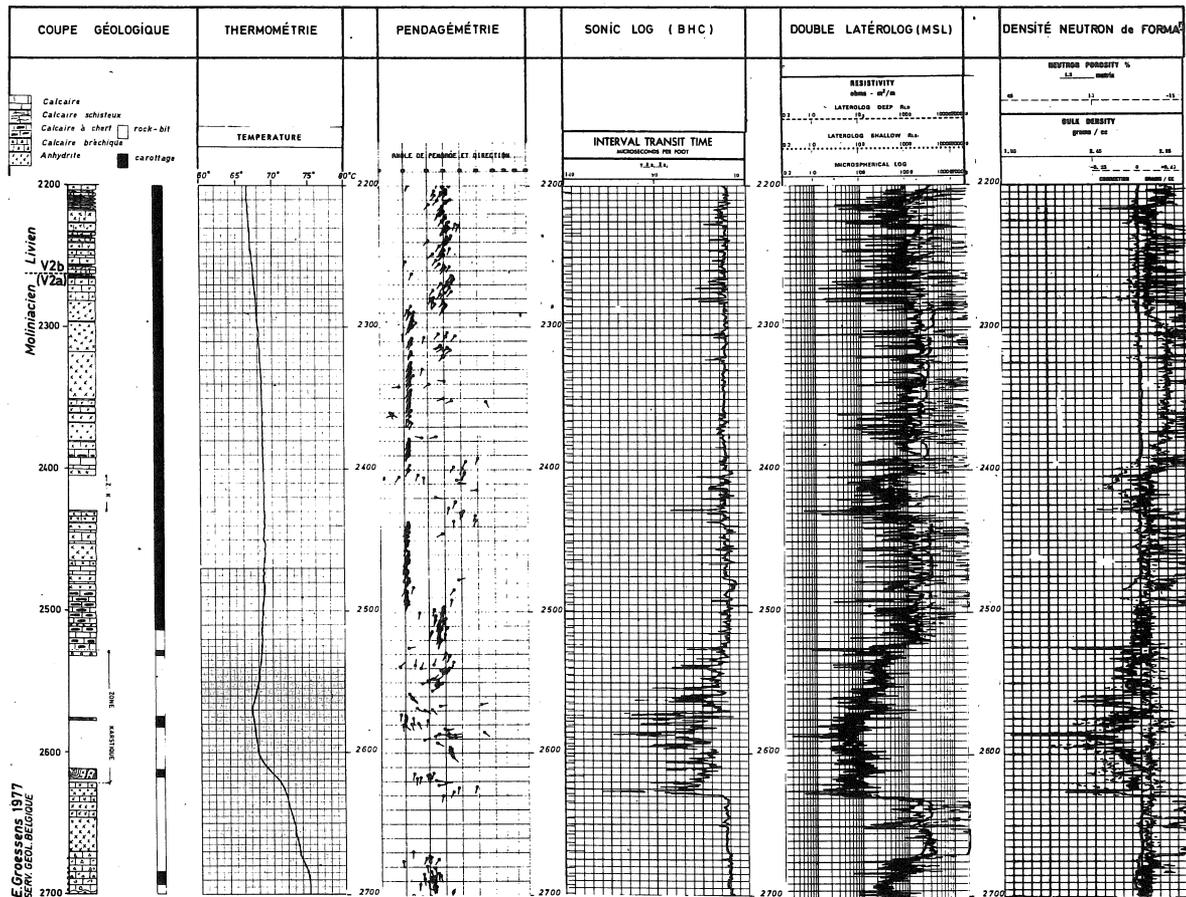


Figure 1.- Traversée du karst au Sondage de St-Ghislain.

milieu (fig. 2). Dans la moitié est, les eaux s'infiltrent dans le Calcaire carbonifère et descendent en suivant le pendage sud des couches pour atteindre, vers les 2 à 3000 mètres de profondeur, le centre de la dépression crétacique. A cette profondeur, les eaux sont arrêtées dans leur cheminement méridional et descendant par une masse d'anhydrite imperméable, non encore dissoute. Les eaux longent alors cette limite d'anhydrite et se dirigent vers l'ouest à la faveur d'un karst largement ouvert pour pénétrer dans le Borinage et de là en France, dans le Bassin de Valenciennes. Limitée vers l'ouest, la masse d'anhydrite disparaît et les eaux, en charge, regagnent la surface à la faveur de failles fortement pentées.

Au cours du temps et au fur et à mesure de l'approfondissement et du recul vers le sud du courant karstique par dissolution de l'anhydrite, il y a, en même temps, fermeture et colmatage du calcaire vers le nord, par effondrement d'abord et par calcitisation ensuite. Ces phénomènes bien prouvés dans la partie occidentale de la bande contribuent à augmenter la mise en charge de la nappe profonde. Ce modèle est illustré au schéma sans échelle de la figure 3. La vue de gauche représente ce qui se passe dans un plan incliné d'environ 20-25° vers le sud.

Qu'il y ait effondrement - le mineur parlerait de foudroyage - du calcaire après dissolution, cela

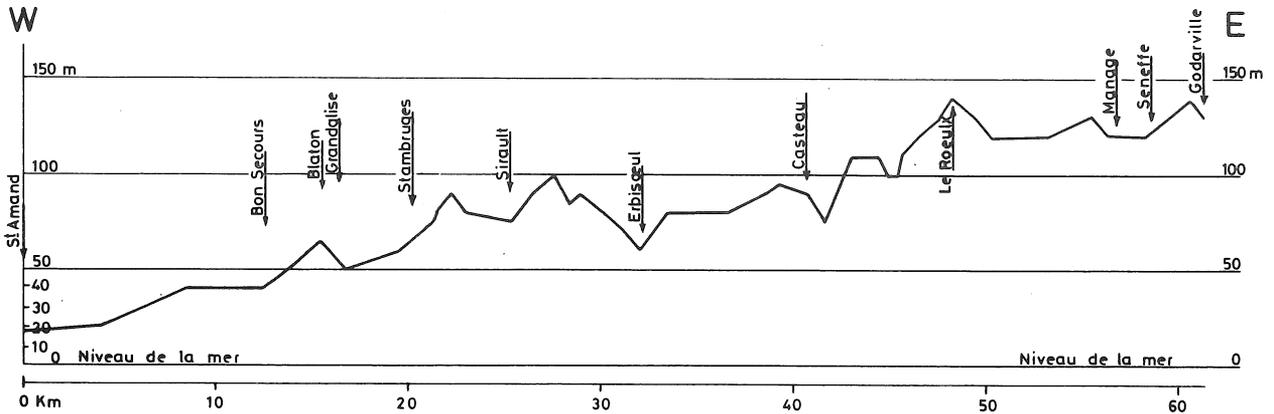


Figure 2.- Profil topographique entre St-Amand-les-Eaux et Godarville

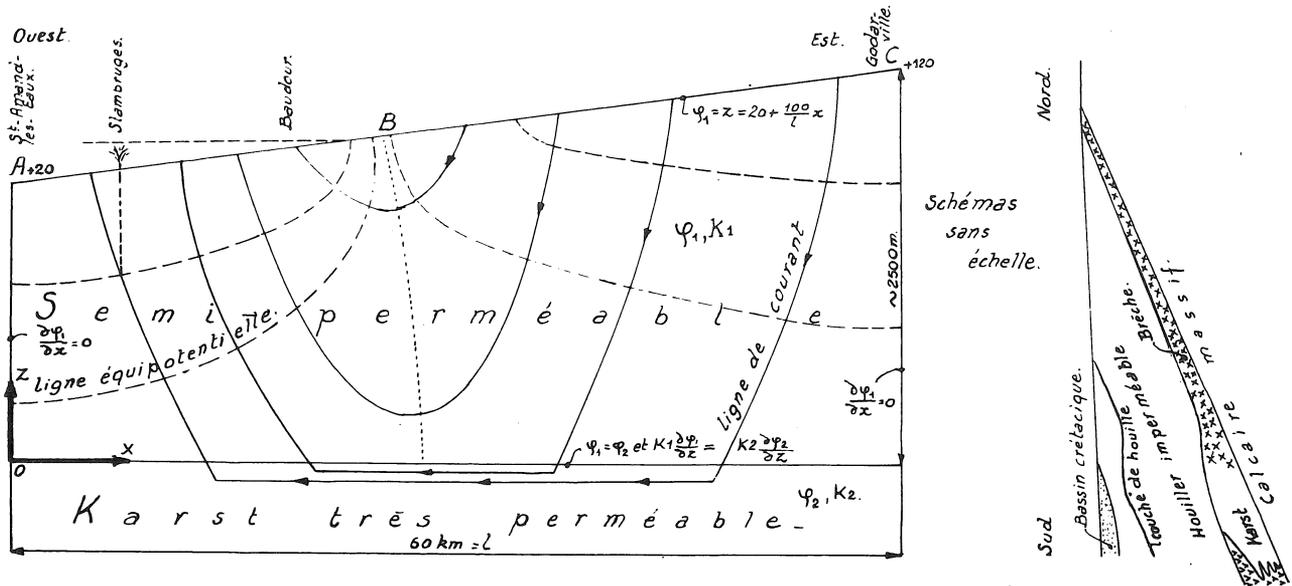


Figure 3.- Schéma de circulation (sans échelle)

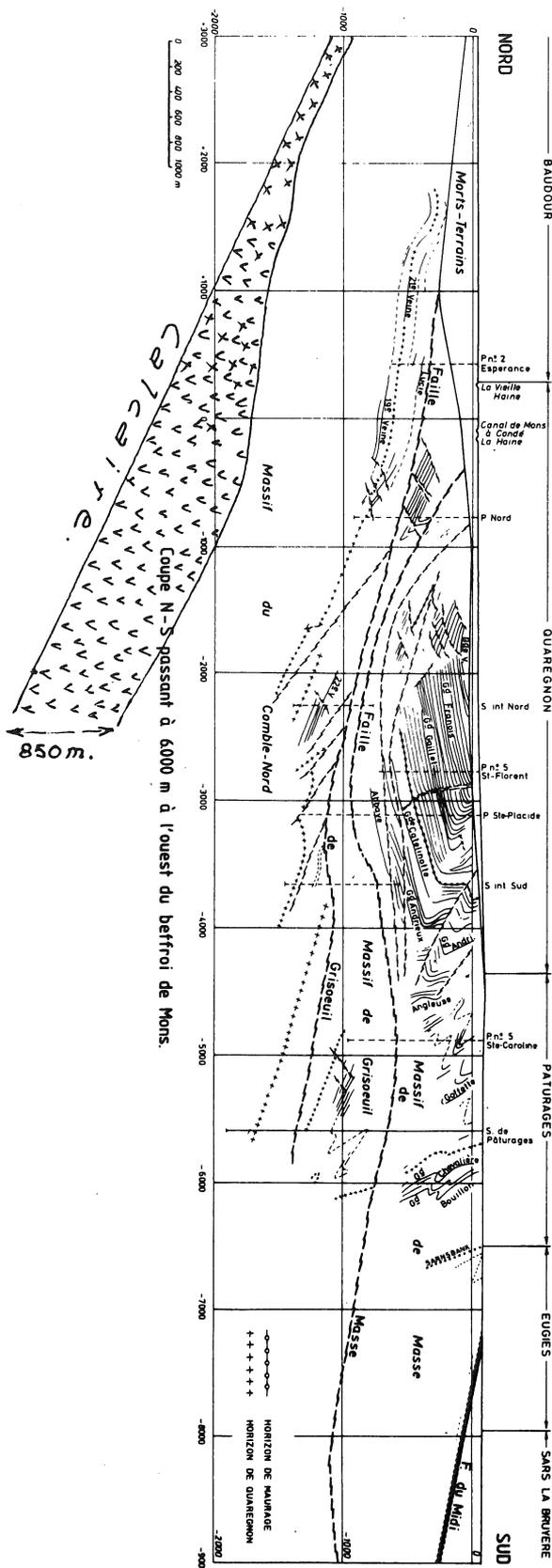
paraît assez naturel mais la chose se prouve en examinant les allures des veines de houille exploitées en Comble Nord. La coupe de la figure 4 est typique à cet égard; dans d'autres méridiennes, les variations de l'inclinaison sud des veines peuvent être attribuées à la même cause.

La calcitisation du calcaire a été signalée par J. CORNET (1902) et R. MARLIÈRE (1937). M.R. LEGRAND l'a retrouvée récemment en sondages. Enfin l'existence de failles redressées véhiculant l'eau me paraît démontrée, au moins dans le cas des tunnels de Baudour si bien étudiés récemment par M.R. MARLIÈRE (1976). Il n'est pas difficile, en effet de fixer

les points de passage de la faille "aquifère" (fig. 5). La direction de la faille n'est pas connue mais vraisemblablement s'agit-il d'une faille normale pentée vers l'est-sud-est.

Ce modèle, illustré par la figure 3, explique pourquoi de A à B les eaux sont toutes sulfatées et quelques unes d'entre elles sont chaudes; ce qui n'est jamais le cas de B à C.

De plus, conformément au modèle, la charge augmente vers l'ouest. Pour s'en convaincre, il n'y a qu'à comparer la situation à Baudour, à Stambruges et à St-Amand-les-Eaux. Etudiant la région de Stambruges,



J. DELECOURT (1936) écrit : "C'est précisément au voisinage immédiat de la crête limitant au nord les bassins hydrographiques de la Haine, du Ruisseau de Macou et de la Verne que l'on rencontre les sources importantes sortant du Calcaire carbonifère. Ces sources de sommets ne peuvent exister que si le courant circulant dans le calcaire carbonifère est artésien. Le relevé des niveaux piézométriques démontre que l'alimentation est orientale".

Au cours des temps post-wealdiens, la dissolution de l'anhydrite a été active, au moins pendant les périodes continentales et les puits naturels en terrain houiller qui sont une des manifestations de cette dissolution doivent donc s'être formés d'abord au nord. Effectivement, les deux puits naturels que J. CORNET (1928) estime être anté-wealdien sont précisément situés à l'extrême bord nord du bassin (Baudour et La Louvière).

Pour être opérationnel, le modèle de la figure 3 doit être stylisé; redressé dans un plan vertical d'abord, ensuite, le domaine doit être rendu strictement rectangulaire et partagé en deux sous-domaines d'où les perméabilités isotropes sont K1 et K2. Les lignes de courant et les lignes équipotentielles qui leur sont perpendiculaires se déterminent suivant les principes généraux connus depuis longtemps mais appliqués avec tant de perspicacité aux nappes souterraines en régime permanent par M. King HUBBERT (1940). On doit à J. TOTH (1963) une solution analytique, sous forme de série, applicable au cas le plus simple. Des méthodes numériques ont permis à R. All. FREEZE et P.A. WITHERSPOON (1966-1967) de traiter des cas plus complexes qui précisément sont les nôtres. Quelques figures de ces derniers auteurs aménagées au schéma fig. 6 indiquent qualitativement l'évolution des lignes équipotentielles et les lignes de courant lorsqu'on fait varier le rapport K1/K2. D'autres figures étudient la configuration qui résulte d'une couche profonde très perméable mais lenticulaire. On le voit, à l'encontre des modèles en transitoire qui généralement n'intéressent qu'une toute petite surface, ces modèles sont régionaux et celui que nous présentons s'étend sur 60 km au moins.

La réalité, plus complexe que ce que nos modèles laisseraient supposer, s'en écarte principalement parce que, dans la région située en aval, le terrain n'est pas

Figure 4.- Coupe verticale à 6000 m ouest de Mons

semi-perméable mais fissuré. Les lignes de courant suivront donc ces figures de A à B et seront donc toutes issues du karst. L'inconnue majeure est, à l'heure actuelle, la largeur, dans le sens nord-sud, de la zone karstique. Si le moteur principal du mouvement de l'eau est bien une différence d'altitude, l'augmentation de la température, en diminuant vigoureusement sa viscosité, facilite également le mouvement. L'exsolution des gaz atteint le même but en réduisant le poids

spécifique de la colonne d'eau montante et on connaît la "Fontaine Bouillante" de Stambuges (DUMON, P., 1947).

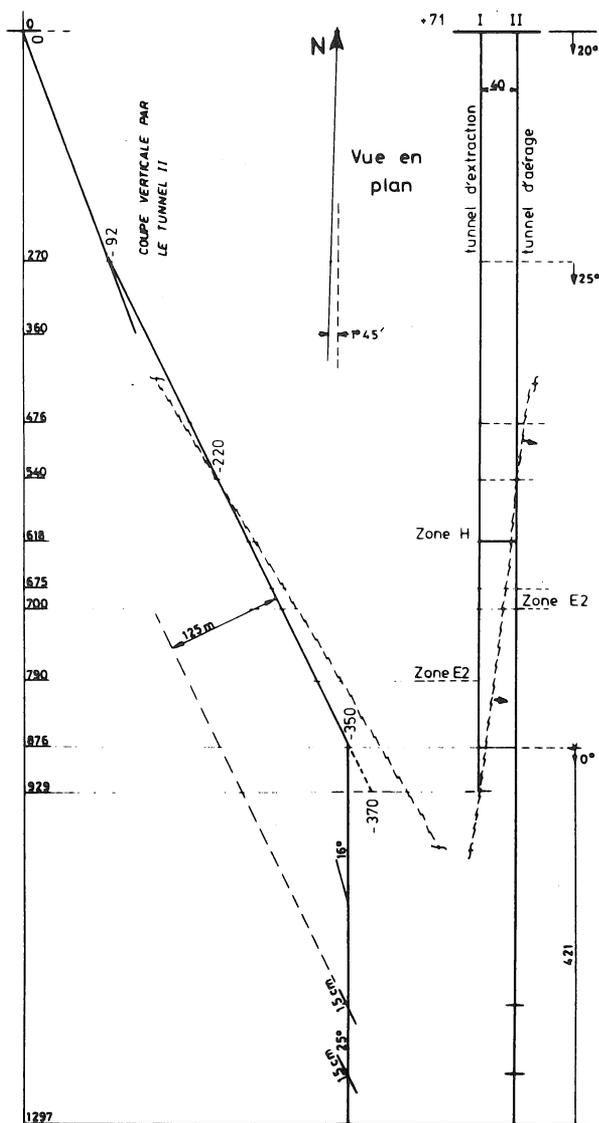
Il n'est pas difficile d'imaginer les allures que doivent prendre les isothermes. Le long de la ligne médiane de la figure 3, les températures seraient conformes au gradient géothermique normal s'il n'y avait pas de karst profond. Dans la zone de charge, les températures sont moindres tandis qu'elles sont plus élevées dans la zone de décharge. Dans le karst par contre, les isothermes reculent vers la gauche de la figure (DOMENICO, P.A. & PALCIAUSKAS (1973).

Un dernier aspect peut être souligné. En 1976, P. BARTHOLOME & E. GERARD (1976) proposaient un modèle hydrothermal visant à expliquer la formation de gisements plombo-zincifères localisés en milieu calcaire. Imaginé pour satisfaire aux conditions physico-chimiques de la mobilisation et de la précipitation des sulfures, ce modèle met en jeu des mécanismes de fermeture et d'ouverture de gisements dont, à première vue, on pouvait mal imaginer la réalisation dans la nature. Les phénomènes présentés aujourd'hui offrent certainement des possibilités en ce domaine.

En ce qui concerne l'utilisation géothermique de cette nappe, le modèle montre ce qu'il y a lieu de faire.

Dans une nappe aquifère circulant dans un terrain à perméabilité de porosité (Melun, Creil, etc) l'exploitation de la géothermie à l'aide d'un doublet s'accomode du recyclage de l'eau. La température de l'eau au puits de soutirage restera sensiblement constante jusqu'au moment où le front froid issu du puits de réinjection atteindra ce puits.

Dans un terrain karstique par contre, deux cas sont possibles. Ou bien l'eau qui remplit le karst est stagnante



LES TUNNELS DE BAUDOUR PI. 139 E n° 120



Figure 5.- La faille aquifère des tunnels de Baudour

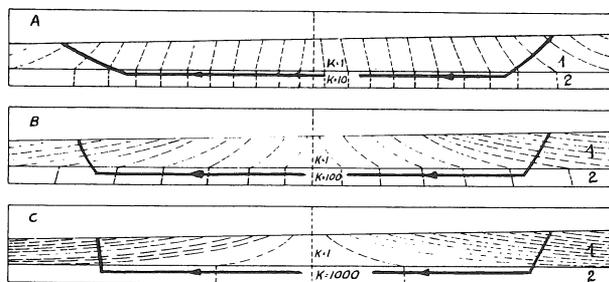


Figure 6.-Influence du rapport des perméabilités sur le régime de la nappe. (D'après FREEZE & WITHERSPOON, 1967).

et sans réalimentation notable ce qu'atteste sa forte minéralisation (Turnhout) et alors le recyclage de l'eau est inévitable. La température descendra progressivement au cours de l'exploitation mais d'autant plus lentement que le volume du karst est plus grand. Ou bien, la nappe circule dans le karst et est réalimentée; et c'est le cas qui nous intéresse en Hainaut. Alors, les deux puits doivent être placés de façon à éviter tout recyclage de l'eau et c'est facilement réalisable.

La nappe à laquelle s'applique cette note est celle qui circule au sommet du Calcaire carbonifère; ses relations, s'il y en a, avec la nappe dite du Tournaisien circulant dans le viséen inférieur et dans le Tournaisien ne sont pas évidentes.

### BIBLIOGRAPHIE

- BARTHOLOME, P. & GERARD, E., 1976. Les gisements plombo-zincifères de la région d'Engis, province de Liège, Belgique. *Ann. des Mines de Belgique*, Liège, 1976, 11 : 901-907.
- CORNET, J., 1902. Compte-rendu de l'excursion du 3 avril 1899 à Stambruges, Grandglise, Hautrage, Sirault et Villerot. *Bull. Soc. belge de Géol., de Pal., et d'Hydrologie*, Bruxelles, XIII : 125-148.
- CORNET, J., 1928. Les mouvements saxoniens dans le Hainaut. *Bull. Classe des Sc. de l'Acad. royale de Belgique*, Bruxelles, 5ème série, XIV : 109-126.
- DELECOURT, J., 1936. Sur la composition chimique des eaux souterraines au Couchant de Mons et des régions limitrophes. *Ann. Soc. Geol. de Belgique*, LX : B107-123.
- DOMENICO, P.A. & PALCIAUSKAS, 1973. Theoretical Analysis of forced convective heat transfer in Regional Ground-Water Flow. *Geological Society of America Bulletin*, 84 : 3803-3814.
- DUMON, P., 1947. Compte-rendu de l'excursion du 30 mars 1947. *Bull. Soc. belge de géol., de Pal. et d'Hydrol.*, Bruxelles, LVI : 77-95.
- FREEZE, R.A. & WITHERSPOON, P.A., 1966-1967. Theoretical Analysis of regional groundwater flow. *Water Resources Research*, 2(4) : 641-656 et 3(2) : 623-634.
- HUBBERT, M.K., 1940. The theory of groundwater motion. *J. Geol.*, 48(8) : 785-944, part 1.
- MARLIERE, R., 1937. Session extraordinaire de la Soc. géologique de Belgique et de la Soc. belge de géol., de Paléont. et d'Hydrol., tenue à Mons, les 18, 19, 20 et 21 septembre 1936. *Compte-rendu. Ann. Soc. géol. de Belgique*, Liège, LX : B45-105.
- MARLIERE, R., 1976. Les eaux chaudes de Baudour (Hainaut, Belgique) et les "tunnels inclinés". *Mémoire et Publ. de la Soc. des Sc. des Arts et des Lettres du Hainaut*, 87 : 35-131, 1 planche.
- TOTH, J., 1963. A theoretical Analysis of groundwater flow in small drainage basins. *Journal of Geophysical Research*, 68 (16).