Qualité et vulnérabilité des eaux souterraines profondes

par Pierre Pouchan

de l'Institut de Géodynamique, Université Michel de Montaigne-Bordeaux 3

I ■ LA QUALITÉ DES EAUX D'ORIGINE PROFONDE

De part leur origine, leur temps de séjour dans le milieu souterrain, à une température parfois élevée, les eaux souterraines issues des nappes profondes affichent généralement une composition chimique bien spécifique et souvent marquée par l'abondance d'oligoéléments (selon D. Pépin, les oligoéléments se définissent comme des éléments chimiques — traces ou non — utiles à la santé). Les eaux minérales sont pour la plupart d'origine profonde et bien représentatives de ces propriétés.

Il nous a donc semblé intéressant de proposer quelques oligoéléments pour la présentation de la spécificité des eaux souterraines profondes.

On pourra ainsi retenir la classification proposée par M. Joyeux et B. Astruc [1] :

1. Eléments susceptibles d'être **assimilés aux oligoéléments** tels que le potassium et le magnésium.
2. Eléments **indispensables** tels que le cuivre, le fer, le fluor, le manganèse, le zinc et le silicium.
3. Eléments **utiles** tels que l'aluminium, le plomb, le strontium, le lithium.
4. Eléments **fortuits** tels que le brome et l'arsenic.

Le potassium : il n'est pas rare que sa teneur dépasse la valeur maximale retenue pour la consommation humaine (12 mg/l) et les eaux les plus chaudes sont aussi les plus enrichies.

Le magnésium : souvent déprimé dans les eaux profondes du fait de leur température, il s'accroît de manière significative lors de mélanges avec l'eau de mer dans le cas de pollutions marines.

Deep groundwaters are nowadays more and more solicited for the human use. At the very simple scheme of a monoaquifer confined under an acquiclude one tends to substitute since some years a more realistic scheme of a multilayers system with leakage.

Except the case of karsts, the deep aquifers of large and regional extension are described as large stocks and weak flux. The residence time of water may be very long (many thousand years) and this quality of groundwater related to the nature of the reservoir is stable.

The vulnerability to the pollution may be sometimes important in the outcrops emergence and/or recharge zones - but not significant in deep parts. However, some special uses can generate exchanges from bed to bed so that the quality may be locally modified.

Le fluor : très souvent en concentration supérieure à la norme. D'origine sédimentaire ou volcanique (verres), il constitue parfois un marqueur géochimique d'intérêt.

Le zinc : il apparaît plus abondant dans les eaux qui ont été en contact avec des végétaux (fossiles) qui l'ont concentré,

Le silicium : largement utilisé en géothermie du fait de sa dépendance à la température.

L'arsenic : souvent associé au minerai de fer en milieu sédimentaire, il semble que les eaux souterraines profondes soient statistiquement plus enrichies que les eaux de subsurface.

Conclusion sommaire

Les eaux souterraines profondes ont généralement une composition chimique stable en ce qui concerne les éléments majeurs, même après des soutirages de longue durée.

Les eaux souterraines profondes sont généralement enrichies en oligoéléments (eaux minérales).

Les phénomènes de bioréduction, en particulier de l'ion SO_4^{2-} ne sont pas rares même à grande profondeur (cf. eaux de gisement de pétrole).

L'échange de base est généralement évoqué en tant que phénomène modificateur principal au sein d'un aquifère déterminé.

II ■ LA VULNÉRABILITÉ DES NAPPES PROFONDES

Selon J. Urba et A. Zaporozec [2], la vulnérabilité peut être définie comme une « propriété intrinsèque d'un système aquifère qui dépend de la sensibilité de ce système à un impact humain et/ou naturel ».

Les zones profondes des nappes qui constituent plutôt des zones de stock possèdent souvent des réserves de qualité invariante vis-à-vis des soutirages. La figure 1 montre bien cette relative stabilité de composition des eaux au forage géothermique de Bordeaux Meriadec, même après plusieurs années de soutirage (plus de 6 millions de m^3 avec une dépression atteignant aujourd'hui 14 bars).

Certaines entreprises humaines peuvent éventuellement être susceptibles de dégrader la qualité :

1. *Les forages profonds* : un forage est un élément destructeur et destructurant de l'état naturel et susceptible de créer des « courts circuits » entre les différentes nappes superposées qu'il traverse.

L'absence de cimentation, son mauvais contrôle puis la dégradation de l'ensemble constituent autant de points de pollution potentielle qu'il y a d'ouvrages, ceci accentué par une dépression drainante.

2. *Les stockages souterrains* : ils sont à ce jour de deux types :

a) Les stockages de gaz en nappe

Mis en œuvre depuis plusieurs années, ils font l'objet actuellement d'un regain d'intérêt et d'études poussées. A ce jour, les observations effectuées dans leur environnement hydrogéologique n'ont révélé que des impacts piézométriques limités mais sans altération de la qualité des eaux. Le cycle annuel stockage-déstockage bien marqué par la transmission des pressions à distance, n'a pas permis pour l'instant de noter de transfert de matière de nappe à nappe, qui de toute façon, ne pourra être que très lent en particulier dans des milieux granulaires.

b) Les stockages de déchets radioactifs

Envisagé dans des cavités artificielles réalisées au sein de roches à très faible perméabilité, leurs sites font actuellement l'objet d'études très détaillées... et de débats.

III ■ LES FACTEURS NATURELS FAVORISANTS DE LA VULNÉRABILITÉ

a) Sédimentation et diagenèse - drainance régionale

En milieu sédimentaire d'extension, la drainance à l'échelle régionale liée à des lacunes ou défauts avec apparition d'un milieu perméable relais favorise l'échange de couche à couche alors qu'un milieu imperméable favorise le confinement [3].

Les discontinuités lithologiques sont naturellement plus fréquentes dans les milieux détritiques (régression) qu'en milieu marin transgressif où la continuité des formations est d'avantage la règle. Des phénomènes modificateurs secondaires (dolomitisation-déolomitisation) peuvent favoriser ou inhiber localement les échanges.

b) Drainance ponctuelle

L'exemple le plus cité est celui de la faille. Il n'est pas possible, à notre avis, en l'absence d'étude précise de se prononcer sur l'étanchéité ou la non-étanchéité d'une faille selon le type déformation. Telle faille normale peut être étanche et telle faille inverse drainante, ou vice versa.

Un transfert de matière, le long d'une faille, peut se révéler géologiquement colmatant (précipitations) ou au contraire dissolvant, voire l'un et l'autre alternativement (cf. diagenèse des carbonates).

Plus souvent devrait être prise en compte l'activité ou la stabilité des structures en fonction de la sismicité en particulier dans les régions à noyaux salifères (diapirs).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] JOYEUX M., ASTRUC B. (1980/1986). — Traité de nutrition artificielle de l'adulte. SSTNA Ed., 2 vol.
- [2] URBA J., ZAPOROZEC A. (1994). — Guidebook on Mapping Groundwater vulnerability. AIH, vol. 16.
- [3] MOUSSIE B. (1972). — Le système aquifère de l'Eocène moyen et supérieur du Bassin Nord-aquitain. Th. 3^e cycle, Univer. Bordeaux I.
- [4] CANELLAS J., COURTES C., NGUYEN BA, POUCHAN P., PUJOL J., ROQUEBERT J. (1992). — Oligoéléments et eaux minérales. Le cas du Sud-Ouest de la France.