

Analyses isotopiques

Forages de reconnaissance médocains

Notice d'interprétation

Juillet 2005

Avant-propos

Dans le cadre du programme de reconnaissance hydrogéologique de la région du Médoc (Recherche de ressources nouvelles pour l'alimentation en eau potable dans l'aquifère de l'Oligocène dans les environs de Sainte Hélène – Marché public d'étude), 4 prélèvements ont été effectués sur les forages pour analyses isotopiques.

L'objectif de ces mesures complémentaires est d'amener une information sur l'origine des eaux et leur temps de résidence.

Points échantillonnés

Les quatre captages échantillonnés sollicitent les aquifères du miocène, de l'oligocène et de l'éocène (tableau 1). Les ouvrages SP2, SP3, et SF2 sont situés à proximité immédiate les uns des autres et captent les aquifères miocène et oligocène (Figure 1). Le forage BP1 est situé à moins de 5 kilomètres des autres et capte l'éocène. Leur proximité permet de comparer facilement les eaux des trois aquifères.

Forage	Date prélèvement	Faciès principal de l'aquifère	Aquifère capté	Profondeur de l'ouvrage
SP3	08/06/2004	Calcaire gréseux	Miocene	134
SP2	08/06/2004	Calcaire marneux	Oligocene	214
SF2	08/06/2004	Calcaire marneux	Oligocene	230
BP1	09/06/2004	Calcaire	Eocene	107

Tableau 1 : Caractéristiques des ouvrages prélevés

Mesures réalisées et résultats

Les analyses chimiques des échantillons ont été réalisées à l'Institut EGID Bordeaux 3, les analyses isotopiques ont été réalisées au Laboratoire de Géochimie Isotopique du BRGM à Orléans. Les résultats sont résumés dans le tableau 2.

Les analyses isotopiques concernent :

- les isotopes stables de l'eau, Oxygène 18 (^{18}O) et Deutérium (D) ;
- le carbone 13, isotope stable du Carbone (^{13}C) ;
- le tritium, isotope radioactif de l'hydrogène (T) ;
- le carbone 14, isotope radioactif du carbone (^{14}C).

Les résultats sont résumés dans le tableau 3. Les teneurs en ^{18}O et D sont données dans la notation classique en δ ‰, par rapport au SMOW (Standard Mean Ocean Water), les teneurs en ^{13}C en δ ‰ par rapport au PDB (Standard pour les mesures de ^{13}C). Les teneurs en tritium sont données en UT (unité Tritium) et le carbone 14 est exprimé en activité pcm (Pourcentage de carbone moderne).

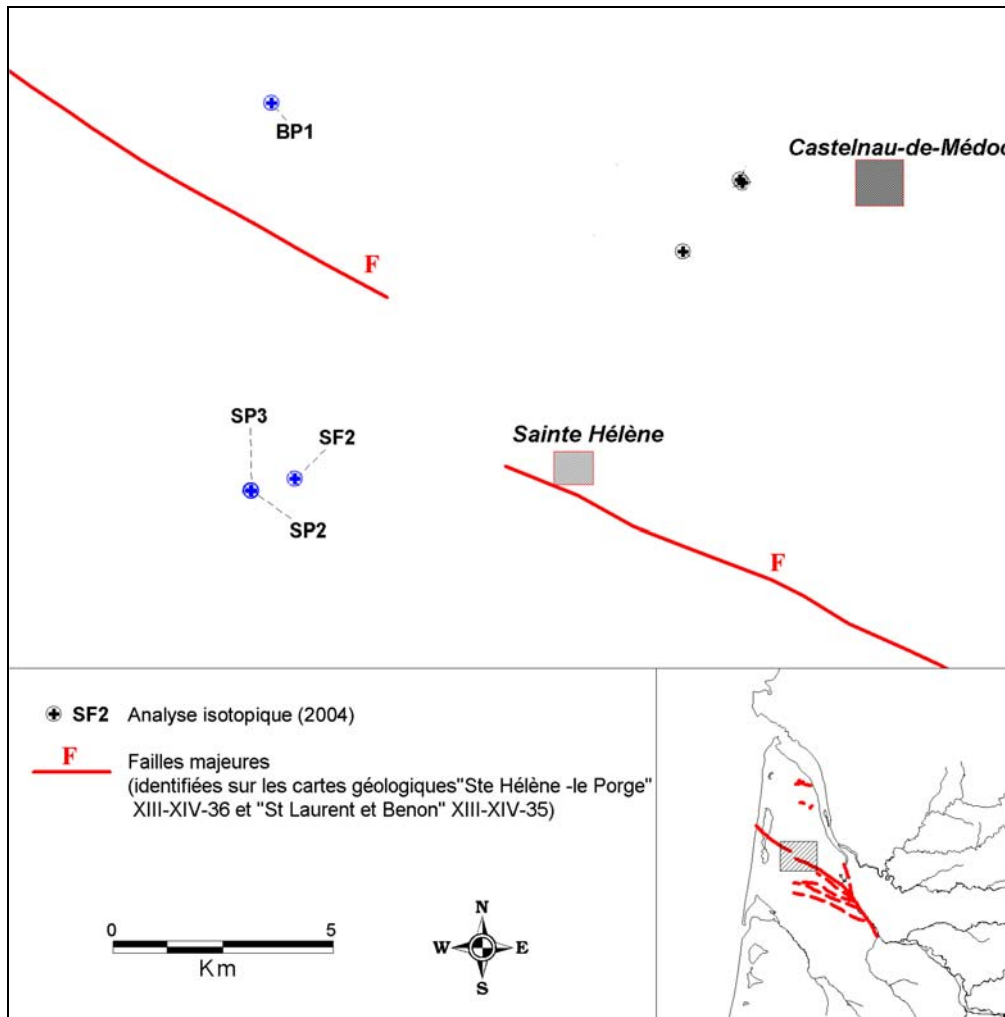


Figure 1 : Localisation des prélèvements effectués pour analyses isotopiques

Forage	T (°C)	Cond. (μS/cm)	pH	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Na (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)
SP3	17.0	331	7.58	36.3	9.4	3.0	35.3	72.8	7.4	128.7
SP2	19.7	363	7.25	43.7	11.9	2.4	30.6	46.6	13.4	181.7
SF2	19.7	455	7.57	43.4	11.8	2.5	31.0	43.3	11.7	180.0
BP1	/	263	7.70	52.3	7.1	0.2	30.0	78.5	0.4	158.6

Tableau 2 : Physico-chimie des échantillons prélevés

Forages	$\delta D_{\text{‰}}$ vs SMOW ($\pm 0.8\text{‰}$)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$ vs SMOW ($\pm 0.1\text{‰}$)	Tritium UT	$\delta^{13}\text{C}$ vs PDB ‰ (± 0.1)	Activité ^{14}C pcm
SP3	-37.3	-5.9	<1	-11.0	5.9 ± 0.1
SP2	-32.5	-5.3	<1	-10.1	2.9 ± 0.1
SF2	-31.9	-5.4	<1	-7.3	4.5 ± 0.1
BP1	-29.1	-4.9	<1	-11.0	7.3 ± 0.1

Tableau 3 : Analyses isotopiques réalisées

Interprétation

1.1 Composition chimique des eaux

Les eaux sont de faible minéralisation avec un profil d'ensemble bicarbonaté-calcique classique. Ce profil géochimique est en accord avec la nature lithologique des aquifères essentiellement calcaire.

Les profils des eaux SP2, SF2 (Oligocène) et SP3 (Miocène) sont similaires par leur composition, avec un léger enrichissement en chlorures pour SP3. Cet enrichissement en chlorure étant le seul paramètre permettant de distinguer dans cette zone les eaux du Miocène des eaux de l'Oligocène.

Les eaux du forage BP1 (Eocène) se distinguent par une concentration en chlorures plus forte (surtout par rapport aux échantillons issus de l'aquifère oligocène) mais également par des concentrations en sulfates plus faibles. Cette faible teneur pourrait être attribuée à des phénomènes de bioréduction.

1.2 Composition isotopiques des eaux

Les valeurs obtenues en ^{18}O et D montrent l'origine météorique des eaux qui s'alignent sur la droite météorique mondiale (Figure 3). Ces eaux suivent également la tendance des pluies actuelles en Aquitaine (station de Dax). Les eaux échantillonnées ne montrent pas d'indice d'évolution par évaporation.

Les eaux des deux forages échantillonnées dans l'oligocène sont très similaires, les eaux de l'aquifère miocène étant légèrement plus appauvries en ^{18}O et D. Les eaux échantillonnées dans l'aquifère éocène sont légèrement plus enrichies.

Pour le forage BP1 (éocène), les valeurs sont similaires à celles que l'on rencontre dans les eaux de l'aquifère éocène en Gironde. Il n'y a pas d'indice d'évaporation et/ou d'enrichissement isotopique.

Pour les eaux des captages SF2 et SP2 (oligocène) les teneurs en oxygène 18 et deutérium sont cohérentes avec les valeurs connues pour les eaux captées dans l'aquifère oligocène dans les Landes (on ne dispose pas d'analyses isotopiques pour des eaux issues de l'aquifère oligocène en Gironde).

L'absence de tritium détectable, pour les quatre captages, montre clairement que la recharge s'est produite avant 1950.

Les activités ^{14}C des eaux sont faibles (2.9 et 4.5 pcm). Ceci implique des temps de résidence relativement longs. De même pour les eaux de l'aquifère Miocène l'activité en ^{14}C est légèrement supérieure (5.9 pcm).

L'activité en ^{14}C au captage BP1 (Eocène) est supérieure aux activités mesurées dans les aquifères oligocène et miocène, ceci pouvant paraître surprenant. De même, L'activité en ^{14}C au captage BP1 est supérieure aux activités mesurées dans les eaux de l'Eocène dans la zone plus à l'est, où les datations effectuées (BRGM, 1994) ont mis en évidence la présence d'eaux dans lesquelles le ^{14}C n'était plus détectable, ce qui implique des temps de résidence de plus de 40 000 ans.

Pour les points échantillonnés, en l'absence de tritium détectable, il est possible de calculer un temps de résidence des eaux. Deux modèles classiques de la littérature ont été utilisés (Pearson 1964, et Fontes-Garnier, 1979), les valeurs obtenues sont cohérentes entre elles. Les valeurs moyennes sont regroupées dans le tableau 4.

Ces résultats sont en adéquation avec le schéma géologique et hydrogéologique proposé (Larroque 2004) précisant l'existence de deux compartiments distincts, mis en continuité apparente par une flexure correspondant au prolongement occidental d'une des terminaisons de la faille de Bordeaux.

De même les temps de résidence plus courts dans l'éocène du compartiment nord (captage BP1) traduiraient l'influence des aquifères supérieurs dans ce compartiment et la prépondérance des échanges verticaux.

Profil géochimique des eaux

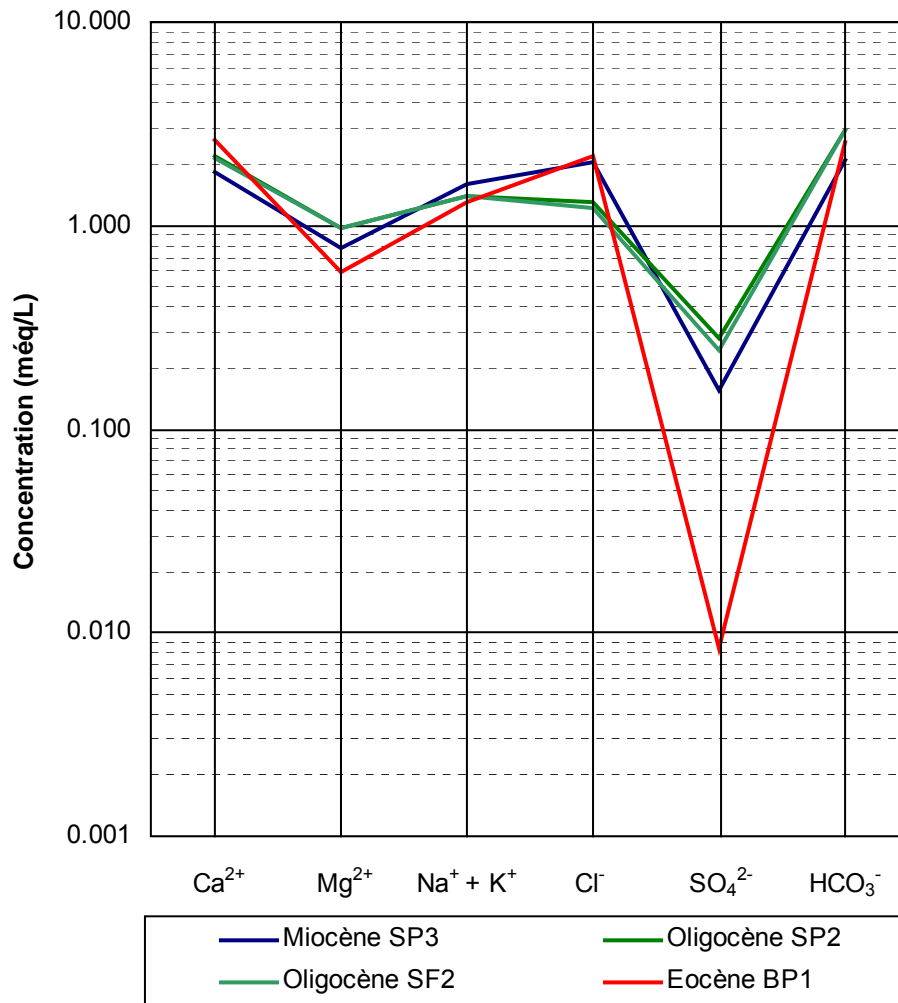
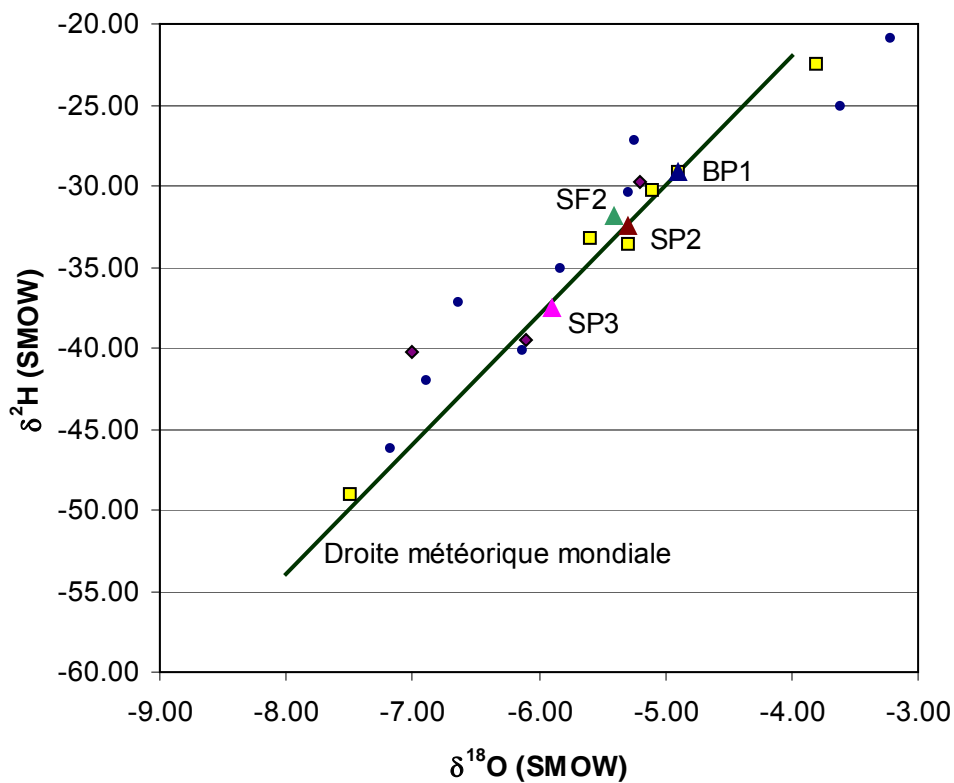


Figure 2 : Profil géochimique des eaux échantillonnées



◆ Oligocène (Landes) □ Eocène ● Précipitations DAX (1999-2001)

Figure 3 : Diagramme oxygène 18 – deutérium des eaux

Captage	Temps de résidence (années)	
Miocène SP3	16 700	+/- 1000
Oligocène SP2	22 000	+/- 1000
Oligocène SF2	16 000	+/- 1000
Eocène BP1	15 000	+/- 1000

Tableau 4 : Temps de résidence calculé

Conclusions

Les analyses isotopiques réalisées sur quatre captages sollicitant les nappes du Miocène, de l'Oligocène et de l'Eocène de la zone médocaine montrent clairement l'origine météorique des eaux et une recharge ancienne.

Une interprétation conduisant à un fonctionnement géochimique précis est difficile compte tenu du faible nombre de points échantillonnés et l'absence dans cette zone de données initiales.

Les informations obtenues sont toutefois cohérentes avec la vision géologique et hydrogéologique récemment proposée pour cette zone. Ainsi l'existence de deux grands compartiments hydrogéologiques situés de part et d'autre d'une flexure de direction générale N120E est étayée par les teneurs en isotopes des eaux échantillonnées.

Les eaux issues de la nappe éocène au forage BP1 présentent notamment un temps de résidence de l'ordre de 15000 ans (+/- 1000), valeur inférieure aux temps de résidence des eaux de la nappe oligocène au sud de la flexure. En outre, ce temps de résidence présente une valeur très inférieure à celles connues pour cette même nappe de l'Eocène dans la région de Bordeaux (40000 ans). Ce compartiment Nord présente de plus des singularités structurales qui induisent ce comportement hydrogéologique singulier. Une prépondérance des échanges verticaux entre les nappes est notamment envisageable, favorisés par le caractère très ouvert des fissures pour les aquifères oligocènes et éocènes dans ce secteur. Les forages de reconnaissance et les diagraphies réalisées ont également souligné ce trait ainsi que la faible épaisseur des formations épointes entre nappe oligocène et miocène et nappe éocène et oligocène.

L'information apportée par ces analyses isotopiques est cependant trop ponctuelle pour que l'on puisse se prononcer sur l'ampleur des échanges entre ces différentes nappes. De même, les relations avec le compartiment sud ne peuvent être précisées, même si une continuité hydraulique semble être évidente compte tenu des données issues des essais de pompage de longue durée.

Seule une campagne de prélèvement plus exhaustive devrait permettre de proposer un fonctionnement géochimique local de ce système aquifère multicouche pouvant être dès lors comparé au modèle physique proposé.

Bibliographie

BRGM, 1994. Diagnostic de l'accroissement de la salinité des nappes profondes de l'Eocène moyen en Gironde. Programmes de la Communauté Urbaine de Bordeaux. BRGM R 37998 SGN SP 94.

Fontes JC., Garnier JL. 1979. Determination of the initial ^{14}C activity of total dissolved carbon : a review of existing models and a new approach. Water Resources Research. Vol 15. 399-413.

Larroque F. 2004. Gestion globale d'un système aquifère complexe. Application à l'ensemble aquifère multicouche médocain. Thèse de Doctorat, Institut EGID - Université Michel de Montaigne Bordeaux 3. 253 pages.

Pearson 1970. Sources of dissolved carbonate species and their effect on carbon-14 dating. Isotope in Hydrology 1970. IAEA Symposium 1970. Vienne. p 271-286.