

Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 103 (1980)

Artikel: Etude des rapports chimiques caractéristiques des eaux de l'aquifère multicouche de l'Albien du bassin de Paris en vue de préciser les caractères de la circulation souterraine
Autor: Melloul, Avi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-89156>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ÉTUDE DES RAPPORTS
CHIMIQUES CARACTÉRISTIQUES DES EAUX
DE L'AQUIFÈRE MULTICOUCHE DE L'ALBIEN
DU BASSIN DE PARIS
EN VUE DE PRÉCISER LES CARACTÈRES
DE LA CIRCULATION SOUTERRAINE

par

AVI MELLOUL

AVEC 3 FIGURES ET 2 TABLEAUX

1. INTRODUCTION

L'analyse des rapports chimiques rMg^{2+}/rCa^{2+} , rNa^+/rCa^{2+} , rSO_4^{2-}/rCl^- , $rHCO_3^-/rCl^-$ ainsi que de $(rCl^- - r(Na^+ + K^+)) / rCl^-$ de l'eau de 17 puits par la technique de l'analyse des composantes principales (C.P.) fait distinctement apparaître des groupes.

La caractérisation chimique de ces groupes et leur interprétation hydrogéologique contribuent à expliquer, dans l'aquifère étudié, les problèmes relatifs à :

- l'échange entre l'eau et la roche,
- les types d'eau et leur circulation,
- la mise en évidence des différentes zones de l'aquifère.

Les réponses obtenues sur ces problèmes apportent une meilleure connaissance du mécanisme de fonctionnement des nappes d'eau des sables albiens du Bassin de Paris (B.P.).

2. PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'INVESTIGATION

2.1. Généralités

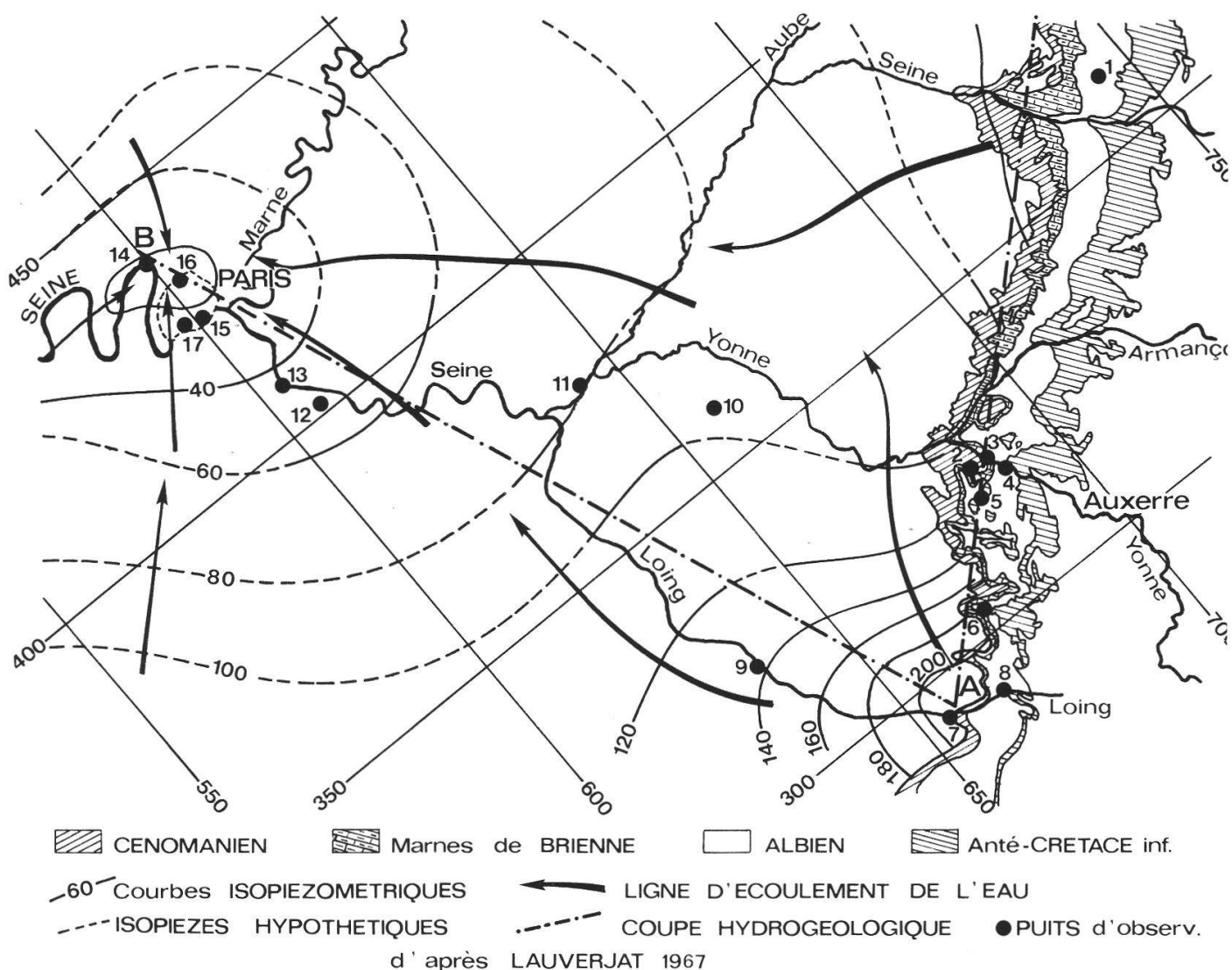
Notre étude porte sur une partie de l'aquifère appelée secteur de drainage qui se situe dans le S-E du B.P. Elle a une superficie approximative de 20 000 km² et est limitée au S-E par les affleurements de l'Albien et, au

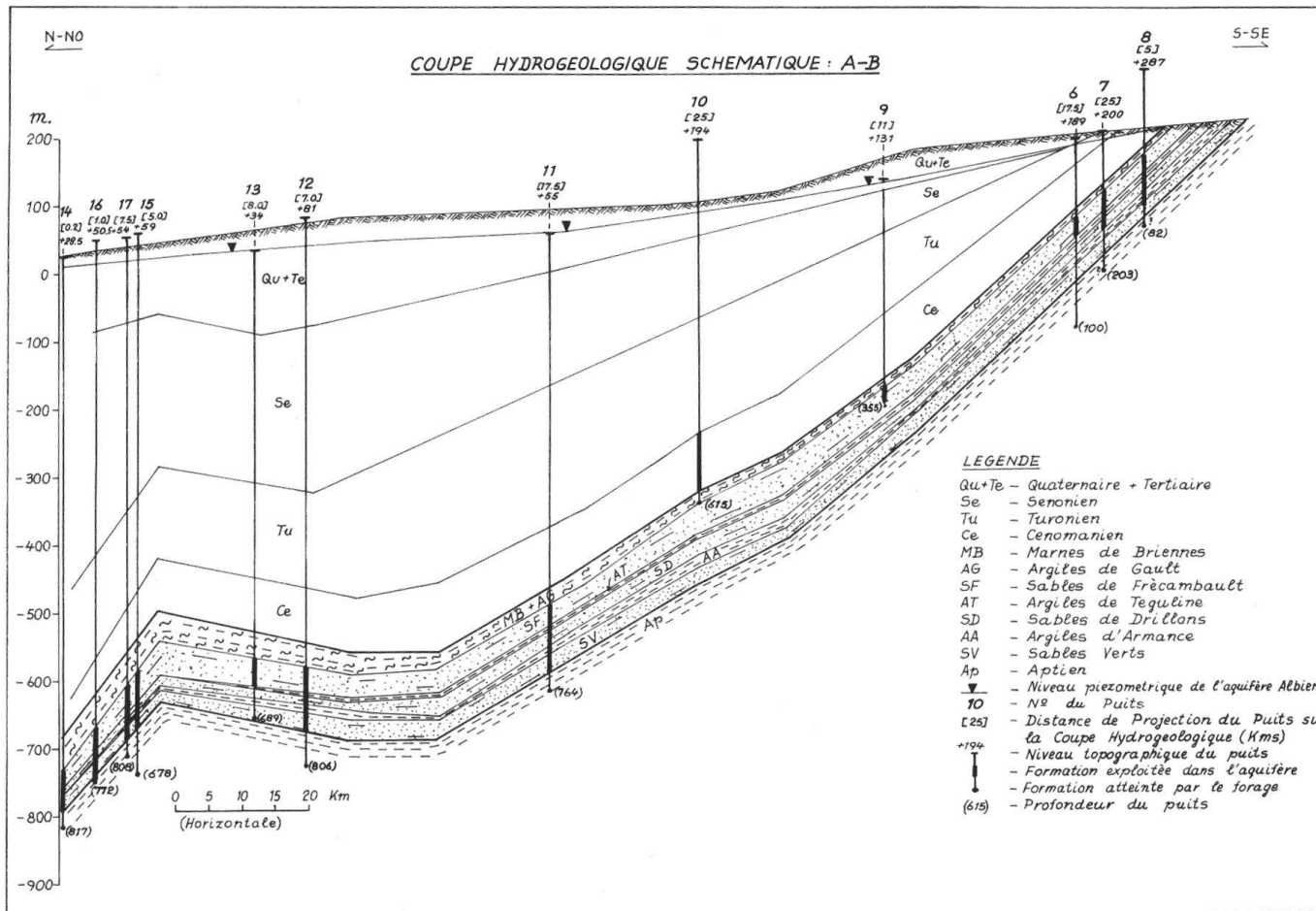
N-W, par la zone centrale de la région parisienne. Cette zone est caractérisée par des précipitations de 600 à 800 mm/an, qui vont jusqu'à 800 à 1000 mm/an dans la zone des affleurements. Les températures moyennes annuelles sont de 2 à 4° en janvier et de 18 à 20° en juillet.

2.2. Rappel hydrogéologique

La géologie est schématisée par la figure 1 et la section géologique par la figure 2. La coupe a été tracée le long d'un axe de drainage apparent A-B. Elle a été construite sur la base des données fournies par des sondages pétroliers et par des puits d'alimentation en eau (LAUVERJAT 1966).

Au S-E et au N-W, la formation de l'Albien affleure, ce qui fait penser que ces régions constituent les principales zones d'alimentation des nappes de l'Albien.





En effet, l'aquifère est de type multicouche ; il comprend trois horizons sablo-gréseux qui sont de haut en bas :

- les sables et les grès de Frécambault (SF),
- les sables des Drillons (SD),
- les sables verts (SV).

Entre ces horizons perméables sont intercalés deux couches argileuses :

- les argiles Tégulines (AT) au-dessus,
- les argiles de l'Armance (AA) au-dessous.

La séparation devient moins nette au centre du bassin, où les couches argileuses sont moins épaisses. Les travaux de PANETIER (1969) et VUILLAUME (1971) ont admis la possibilité de drainage depuis l'aquifère de la Craie, à travers l'épaisse couche des marnes de Brienne et des argiles du Gault qui forment le toit de l'aquifère albien. Ce phénomène semble se produire également dans les zones où ces marnes sont les plus développées.

Par endroit, un contact est également possible avec les couches plus profondes de l'Aptien, du Barrémien ou de l'Hauterivien même.

Les rappels hydrogéologiques concernant cette région reposent principalement sur les travaux de C. SAROCHI et H. LÉVY-LAMBERT (1966), J. LAUVERJAT (1966), E. EVIN et Y. VUILLAUME (1970), Y. VUILLAUME (1971) et G. CASTANY (1974).

3. ÉTUDE DES RAPPORTS CARACTÉRISTIQUES PAR LA TECHNIQUE DES COMPOSANTES PRINCIPALES

Les rapports caractéristiques étudiés sont donnés dans le tableau I.

Le traitement des données a été réalisé par la méthode de l'analyse des composantes principales (C.P.). Cette méthode est appliquée aux données fournies par 17 puits à raison de 5 variables par puits.

La figure 3 illustre le résultat du traitement des données. Elle met en évidence :

- les axes principaux 1 et 2, qui expliquent le 78 % de la variation totale des paramètres,
- les paramètres les plus influents qui constituent respectivement ces deux axes, à savoir :
- l'axe 1, dans le sens positif, représente une augmentation du rapport rNa^+/rCa^{2+} et rMg^{2+}/rCa^{2+} et, dans le sens négatif, une augmentation de rSO_4^{2-}/rCl^- et $rCl^- - (rNa^+ + rK^+) / rCl^-$;
- l'axe 2, dans le sens positif, est bien corrélé avec une augmentation du rapport $rHCO_3^-/rCl^-$.

SECTEUR DE DRAINAGE DU BASSIN DE PARIS

$$N/C = rNa^+ / rCa^{2+}$$

$$S/C = rSO_4^{2-} / rCl^-$$

$$M/C = rMg^{2+} / rCa^{2+}$$

$$H/C = rHCO_3^- / Cl^-$$

$$(C-A)/C = \frac{rCl^- - r(Na^+ + K^+)}{rCl^-}$$

Valeurs propres [en %] cumulées

Axe 1 : 45,0 %

Axe 2 : 78,0 %

Légende

- * Zone des affleurements
- Zone profondes , Albien
- * Cénomaniens

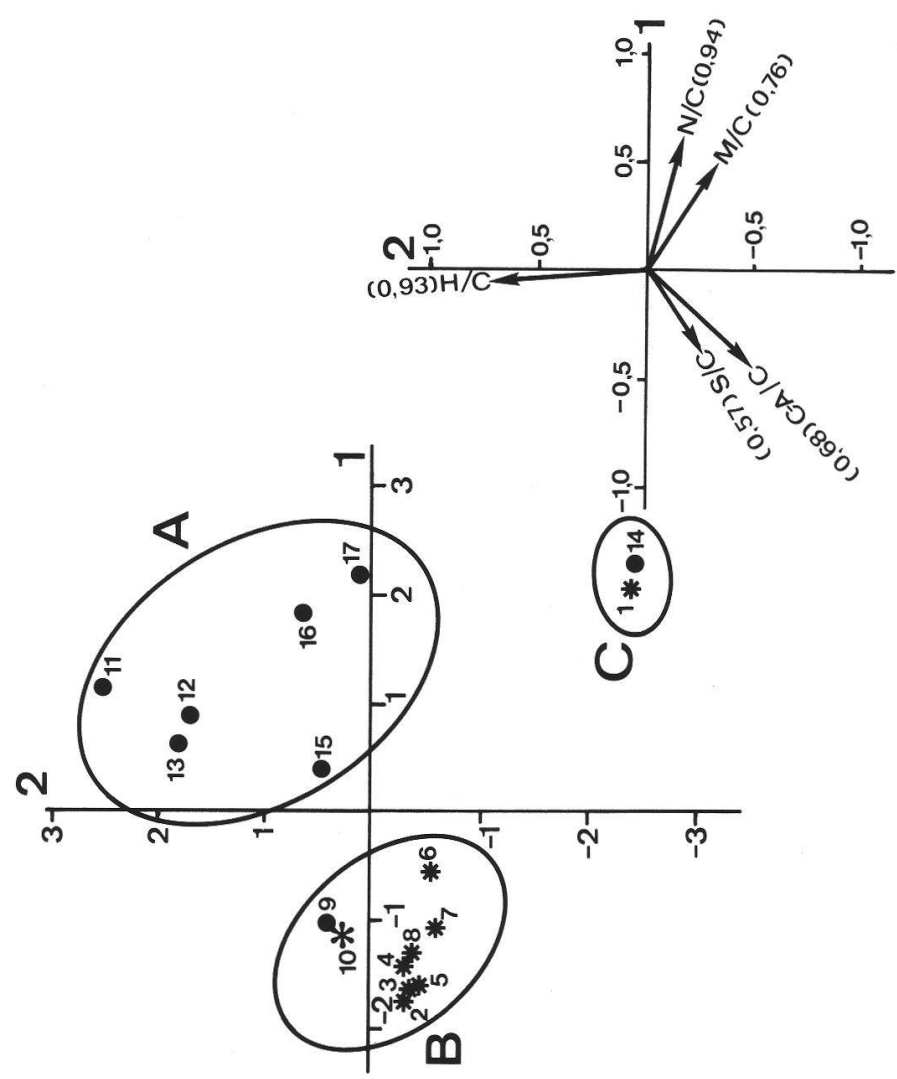


Figure 3

En référence à la direction des rapports analysés et au nouveau système des axes 1 et 2, il est possible d'individualiser les groupes d'observations A, B et C.

Le groupe A est formé par les observations 11, 12, 13, 15, 16 et 17.

Le groupe B est formé par les observations 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10.

Le groupe C est formé par les observations 1 et 14.

4. CARACTÉRISATION ET INTERPRÉTATION HYDROGÉOLOGIQUE DES GROUPES A, B et C

Les valeurs moyennes et les écarts types relatifs aux trois groupes trouvés sont donnés dans le tableau II pour chacun des rapports.

4.1. *Groupe A*

Il ne se rapporte qu'à des puits qui touchent à la zone profonde de l'aquifère et s'individualise par rapport aux autres groupes, par :

- un *indice de déséquilibre* chlore-alcalins plus négatif,
- un rapport $r\text{HCO}_3^- / r\text{Cl}^-$ plus élevé.

En comparaison avec le groupe B, il présente une valeur plus forte dans les rapports $r\text{Mg}^{2+}/r\text{Ca}^{2+}$ et $r\text{Na}^+/r\text{Ca}^{2+}$.

L'écart type pour chacun de ces rapports est relativement plus faible que dans les autres groupes.

Ces remarques permettent de constater qu'il existe une augmentation en ions sodium et potassium, ainsi qu'une baisse en ions calcium (la teneur en ions magnésium reste presque constante dans ce groupe).

L'augmentation en $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ est renforcée par la forte négativité de l'indice de déséquilibre chlorures-alcalins.

La teneur relativement faible en sulfates, l'augmentation en Na^+ et la baisse en Ca^{2+} par rapport au Mg^{2+} nous conduit à admettre l'hypothèse d'un apport supplémentaire en ions Mg^{2+} , Na^+ et K^+ par échange de base. En effet, les grès de l'Albien contiennent aussi des argiles et de la glauconie (plus spécialement dans les S.V.) susceptibles d'absorber et d'échanger des ions.

Comme le degré de fixation des ions majeurs par les argiles se fait selon l'ordre :

$$f \text{Ca}^{2+} > f \text{Mg}^{2+} > f \text{K}^+ > f \text{Na}^+$$

l'ion Ca^{2+} est plus fortement fixé aux argiles, alors que l'ion Na^+ est plus facilement libéré dans les eaux interstitielles. La règle selon laquelle la quantité d'échanges est d'autant plus grande que la concentration est faible et le temps de contact long (SCHOELLER 1962), peut-être appliquée à ces eaux qui se distinguent par la forte négativité de leur indice de déséquilibre chlorures-alcalins ($-3,25 \pm 0,46$), leur minéralisation relativement faible

TABLEAU I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
rMg^{2+}/rCa^{2+}	0,87	0,04	0,09	0,31	0,26	0,28	0,034	0,38	0,12	0,045	0,35	0,30	0,32	0,77	0,34	0,39	0,40
rNa^+/rCa^{2+}	0,64	0,038	0,11	0,075	0,07	0,19	0,12	0,05	0,066	0,09	0,32	0,33	0,21	0,77	0,31	0,61	0,80
rSO_4^{2-}/rCl^-	2,55	1,00	1,63	1,93	2,00	0,82	0,50	1,52	0,45	0,56	0,37	0,32	0,15	1,10	1,06	0,52	0,74
$rCl^- - r(Na^+ K^+)/rCl^-$	-0,83	0,50	-0,26	-0,44	-0,42	-0,087	0,16	0,27	0,05	-0,13	-3,94	-3,13	-2,6	-0,25	-2,76	-3,48	-3,59
$rHCO_3^-/rCl^-$	2,40	8,54	9,47	12,40	11,10	8,26	4,70	12,90	12,00	10,40	21,20	16,80	17,6	1,46	11,70	11,70	9,25

TABLEAU II

Groupe	Puits N°	Moyenne (\bar{x}) écart type (σ) des rapports caractéristiques					
		rMg^{2+}/rCa^{2+}	rNa^+/rCa^{2+}	rSO_4^{2-}/rCl^-	$rHCO_3^-/rCl^-$	$\frac{rCl^- - (rNa^+ + rK^+)}{rCl^-}$	
A	11, 12, 13, 15, 16	$\bar{x} =$	0,35	0,43	0,52	14,6	-3,25
		$\sigma =$	0,03	0,20	0,29	4,1	0,46
B	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	$\bar{x} =$	0,17	0,09	1,15	9,97	-0,04
		$\sigma =$	0,12	0,04	0,58	2,43	0,30
C	1, 14	$\bar{x} =$	0,82	0,70	1,82	1,93	-0,54
		$\sigma =$	0,05	0,06	0,70	0,47	0,29

et leur âge ancien. (Les mesures en ^{14}C donnent des âges supérieurs à 20 000 ans.)

Comme l'échange de base est susceptible de modifier fortement le rapport des ions dans les eaux, la variation de ceux-ci est principalement expliquée par ce mécanisme.

Le processus moins prononcé d'enrichissement par dissolution est lié au fait que les eaux anciennes se trouvent dans un état proche de l'équilibre chimique avec la nature de l'aquifère.

Les faibles valeurs des écarts types de ce groupe pourraient indiquer que ces eaux se trouvent dans une zone plus homogène, donc à l'abri d'influences externes perturbatrices. L'hypothèse d'un contact plus long avec la roche encaissante se trouve confirmée par les faibles vitesses d'écoulement dans cette nappe (quelques m/an (MELLOUL 1979)), ainsi que par les faibles gradients hydrauliques illustrés par la figure 1, alors que les perméabilités sont relativement faibles.

4.2. Groupe B

Il est constitué par les puits de la zone des affleurements de l'Albien, de la zone intermédiaire et du Cénomani.

Les indices de déséquilibre chlorures-alcalins ont des valeurs de $-0,04 \pm 0,3$ et $r\text{SO}_4^{2-} / r\text{Cl}^-$ de $0,17 \pm 0,12$ et $r\text{Na}^+ / r\text{Ca}^{2+}$ de $0,09 \pm 0,04$. L'écart type pour chacun de ces rapports est le plus grand.

A l'encontre du groupe précédemment présenté, celui-ci se distingue par son rapport $(r\text{Cl}^- - r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) / r\text{Cl}^-$ moins négatif, ce qui pourrait être interprété, dans une certaine mesure, comme un indice de contact plus court avec la roche. L'augmentation du rapport $r\text{SO}_4^{2-} / r\text{Cl}^-$ indique que les eaux se trouvent dans un milieu plus oxydant : en effet, les teneurs en sulfates de ce groupe sont nettement plus élevées que celles du groupe A. La forte valeur des écarts types de ce groupe illustre bien l'hétérogénéité des eaux. En effet, dans la zone des affleurements (puits 2 à 8), les eaux d'alimentation sont constituées essentiellement par des eaux d'écoulement de surface, de différentes provenances géographiques et d'écoulements d'eaux souterraines de divers aquifères, dont quelques-uns peuvent, après résurgence par artésianisme, réalimenter l'aquifère.

La majorité des eaux de ce groupe B représente les eaux de recharge de l'aquifère albien.

Le puits N° 9 se situe géographiquement entre la zone des affleurements et celle des puits profonds (cf. figures 1 et 3). Le chimisme indiquerait ici qu'on se trouve dans une zone de transition entre le groupe B et le groupe A.

Le puits N° 10 semble appartenir aussi à ce groupe et, comme il dépend de l'aquifère du Cénomani (plus influencé par le milieu extérieur), il renforce l'opinion selon laquelle les eaux de ce groupe sont représentatives d'un milieu proche de la surface.

Les puits qui appartiennent à l'Albien se trouvent donc sur une zone de recharge de cet aquifère.

4.3. Groupe C

Ce groupe n'est formé que par deux puits d'observation: le N° 1 appartient à une zone d'affleurement où le faciès marneux est très développé, l'autre, le N° 14, appartient à la partie Nord de la zone profonde.

Les valeurs des rapports $r\text{SO}_4^{2-} / r\text{Cl}^-$, $r\text{Mg}^{2+} / r\text{Ca}^{2+}$ ($0,82 \pm 0,05$) et $r\text{Na}^+ / r\text{Ca}^{2+}$ ($0,7 \pm 0,6$) sont les plus élevées; celle de $r\text{HCO}_3^- / r\text{Cl}^-$ ($1,93 \pm 0,47$) est nettement la plus faible.

Le sens de variation de ces rapports indique nettement une augmentation de SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ et Mg^{2+} , ce qui est aussi exprimé par le résidu sec plus élevé que pour les autres groupes (400-550 mg/l).

Ces constatations nous amènent à penser qu'une telle variation des rapports caractéristiques des eaux de ces puits, avec leur faible indice de déséquilibre chlorures-alcalins ($-0,54 \pm 0,29$), leur forte minéralisation et la forte teneur en sulfates (97 à 154 mg/l), est liée à une origine marneuse.

On peut faire l'hypothèse que le puits N° 14 est hydrogéologiquement lié au puits N° 1 par des circulations très lentes entre la zone des affleurements et la zone profonde, dans cette partie plus argileuse du Bassin de Paris (ce qu'indiquerait la piézométrie dans la figure 1). Cependant il n'est pas impossible que d'autres circulations soient en cause. Un fait cependant est évident: la distinction des eaux de ce groupe est possible par rapport à celles des autres groupes.

Résumé

Nous montrons comment il est possible, avec la méthode de l'analyse des composantes principales, de mettre en évidence l'existence de 3 groupes d'eaux souterraines différentes dans la zone comprise entre les affleurements de l'Albien et les zones profondes de l'aquifère.

- Le groupe A représente les eaux anciennes situées dans le centre du bassin, où la longue et lente circulation et la présence d'argiles ont entraîné un échange de base entre l'eau et la roche mère de l'aquifère. Ces eaux ont un caractère homogène qui indique un brassage marqué et un confinement prononcé de l'aquifère dans cette zone profonde.
 - Le groupe B est formé par des eaux récentes d'origines diverses qui constituent l'alimentation de l'aquifère de l'albien dans les zones où il affleure. Le chimisme de ces eaux est par conséquent très variable, et l'homogénéisation de la composition de ces eaux ne se fait qu'au cours du transit souterrain.
 - Le groupe C représente des eaux qui proviennent d'un aquifère argilo-marneux, à faible perméabilité, dans lequel règnent des conditions de circulation différentes de celles qui caractérisent les groupes A et B.
-

BIBLIOGRAPHIE

- CASTANY, G. — (1974). Les bassins de la Seine et des cours d'eau Normands. Ressources d'eau et données hydrologiques. Tome I, fasc. 4, *Agence financière des bassins Seine-Normandie*: 15-156.
- DAVIS, J.C. — (1973). *Statistics and Data Analysis in Geology*, with Fortran programs by Robert J. Sampson. 550 pp., *New York* (J. Wiley and Sons édit.).
- EVIN, J. et VUILLAUME, Y. — (1970). Etude par ^{14}C de la Nappe Captive de l'Albien du bassin de Paris. *Isotope Hydrology* 1970: 315-331.
- LAUVERJAT, J. — (1966). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de l'Albien dans le centre du Bassin Parisien. Thèse 3^e cycle, Université de Paris VI: 180 pp.
- LEBART, L. et FÉNELON, J.-P. — (1975). *Statistique et information appliquées*. 208-221 (Dunod, 3^e édit.).
- MELLOUL, A. — (1979). Connaissance hydrogéologique des grands aquifères profonds à milieux poreux et à données peu nombreuses. (Thèse, Université de Neuchâtel).
- PANETIER, J.-M. — (1969). Processus d'alimentation de la nappe captive de l'Albien en Puisaye. Congrès national d'hydrogéologie du 31 mars au 2 avril 1969. *Mém. BRGM, Paris*: 583-592.
- SAROCHI, C. et LÉVY-LAMBERT, H. — (1966). La nappe de l'aquifère de l'Albien dans le Bassin parisien. *Chronique d'hydrogéol. B.R.G.M.* 11:33-56.
- SCHOELLER, H. — (1962). *Les eaux souterraines*. 643 pp., *Paris* (Masson édit.).
- VUILLAUME, Y. — (1971). Utilisation des méthodes isotopiques et hydrochimiques en hydrogéologie. Nappe de l'Albien, applications. Université de Paris VI, 100 pp.

Adresse de l'auteur: Ramot M-19/50 Jérusalem, Israël.