

HYDROCHIMIE. — *Le bore dans les eaux du Bassin de Paris.*Note (\*) de **Bernard Guiollot, René Létolle et Maurice Pinta**, présentée par M. Jean Wyart.

On donne les caractéristiques de concentration du bore dans les aquifères souterrains et superficiels du Bassin de Paris. Sur un fond géochimique fonction de la lithologie se superpose une surcharge liée à l'activité humaine. L'association teneur en bore, teneur en tritium, se révèle être un bon marqueur de l'origine des eaux continentales.

*Boron contents of underground and superficial aquifers of the Paris basin are presented. Underground aquifers generally display geochemical backgrounds linked to the lithology, whereas rivers appear to be more and more heavily polluted by wastes along their flow. Boron content together with tritium activity appears to be a good criterion as to the origin of continental waters.*

L'hydrochimie du bore est peu connue [(1), (2), (3)]. Son acquisition par les eaux continentales paraît se faire surtout au contact d'évaporites (gypse) et d'argiles. L'activité humaine a modifié les teneurs naturelles en de nombreuses régions : le déversement des perborates et de leurs dérivés est lié à l'activité de certaines industries et surtout à la présence de ces oxydants dans les lessives. Le bore représente donc un marqueur de certains types de pollution.

Plus de 600 analyses d'eau en provenance du Bassin de Paris ont été effectuées (4) par colorimétrie du complexe avec l'azométhine (5), qui permet de déceler le bore à des teneurs de  $2 \mu\text{g.l}^{-1}$  avec une erreur relative de 100 % à ce niveau. Les teneurs les plus élevées enregistrées atteignent  $5 \text{mg.l}^{-1}$ .

1. EAUX SOUTERRAINES. — La monographie de Megnier (6) a servi de base à cette étude (fig. 1). Les teneurs en bore sont relativement constantes avec une distribution lognormale. La médiane est basse pour les formations non argileuses (sable de Fontainebleau, craie, périphérie de l'Albien) :  $20 \mu\text{g.l}^{-1}$ ; plus élevée pour les nappes des marno-calcaires de Saint-Ouen et les marnes et caillasses du Lutétien :  $30 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Bien que les aquifères des formations cristallines de la bordure du bassin parisien n'aient pas été échantillonnés, les dosages effectués dans les rivières du Morvan, près de leur source, ont donné des valeurs basses (Yonne :  $12 \mu\text{g.l}^{-1}$ ), Cure :  $9 \mu\text{g.l}^{-1}$  voisines de celles observées en pays cristallin au Canada (7) :  $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ , et en Norvège (8) :  $8 \mu\text{g.l}^{-1}$ .

La présence sporadique de teneurs élevées dans le Lutétien s'explique par l'abondance du gypse, au contact duquel l'eau s'enrichit progressivement en  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Sr}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$  et bore. Dans son cheminement, on constate qu'après une augmentation importante des concentrations en ions dissous, le bore et le chlore diminuent puis se stabilisent; ce qui peut correspondre à une adsorption sur les argiles. Dans l'Albien de la région centrale du bassin, les teneurs élevées en bore pourraient s'expliquer par une contamination à partir de la Seine ( $[\text{B}] \simeq 200 \mu\text{g.l}^{-1}$  dans cette région) à la faveur de l'accident tectonique dit « Faille de la Seine ». Toutefois les gradients hydrauliques s'opposent à cette hypothèse et il paraît plus probable que l'eau de l'Albien soit contaminée par la nappe sous-jacente et salée ( $[\text{B}] > 2 \mu\text{g.l}^{-1}$ ). Ceci est corroboré par les teneurs en tritium (9) qui indiquent une participation de l'ordre de 25 % d'eau bathonienne dans le forage albien de Pont-de-l'Arche près de Rouen.

Les eaux des nappes alluviales sont beaucoup plus chargées en bore que les nappes profondes du fait de la réalimentation par les rivières (fig. 3).

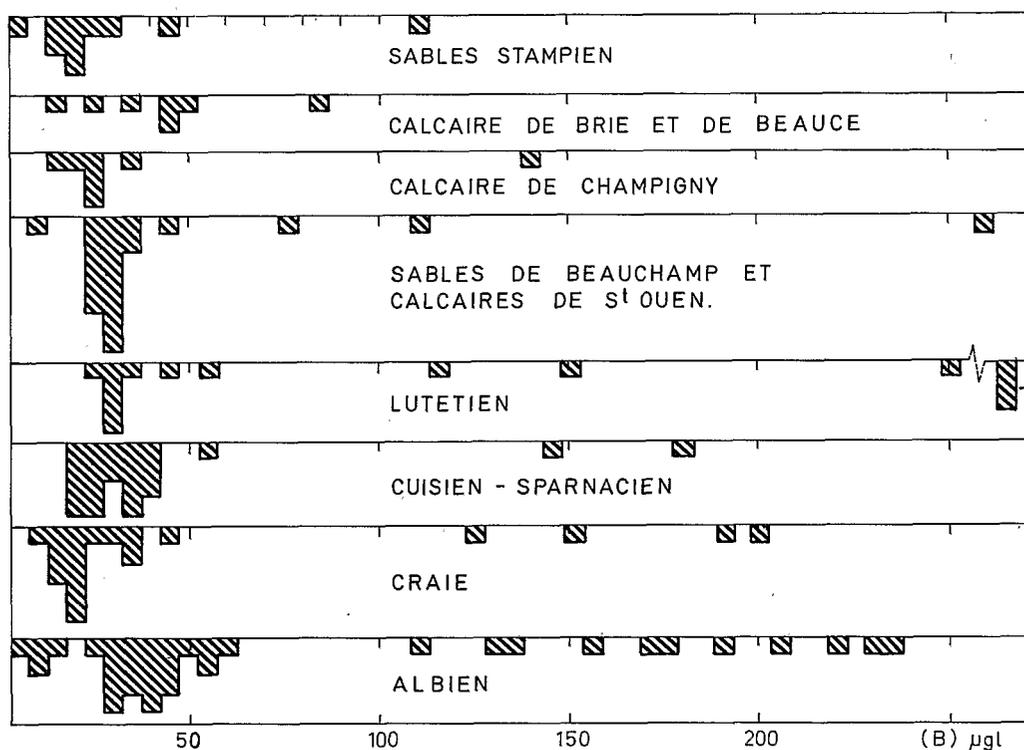


Fig. 1. — Répartition des teneurs en bore dans les nappes du Bassin de Paris.

2. LES EAUX DE SURFACE. — Dans les zones à faible activité humaine, les eaux de surface ont des teneurs basses reflétant à la fois la lithologie et la concentration en bore des pluies (de 10 à 55  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , avec un mode de 20  $\mu\text{g.l}^{-1}$  dans la région parisienne). Les cours d'eau les plus petits servant d'exutoire aux eaux usées atteignent 5  $\text{mg.l}^{-1}$ . Les rivières de quelque importance montrent une évolution comparable des teneurs en bore le long de leur cours.

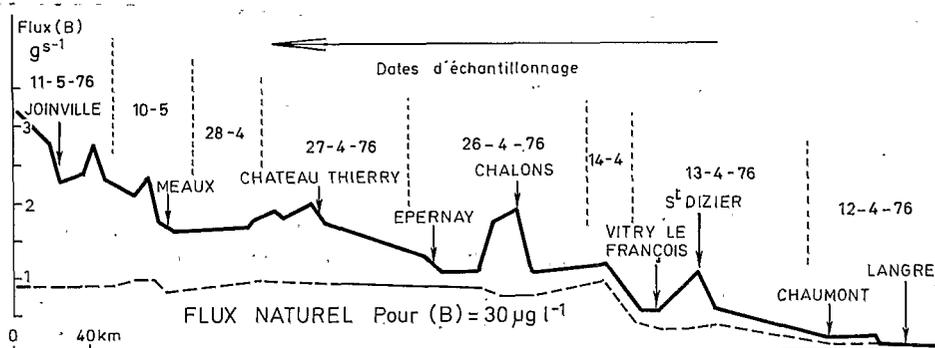


Fig. 2. — Évaluation des teneurs en bore sur le cours de la Marne.

Les valeurs données ici (*fig. 2*) pour la Marne ont valeur d'exemple. A partir du fond géochimique de 30  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , la teneur atteint 150  $\mu\text{g.l}^{-1}$  au confluent avec la Seine. Après le passage dans les agglomérations où les eaux usées rejettent beaucoup de bore, mal retenu par les stations d'épuration, les rivières manifestent une tendance à son élimination. Celle-ci,

due pour une faible part à l'effet de dilution (sauf dans le cas de Vitry-le-François où la Marne reçoit la Saulx non polluée), est probablement liée à la sédimentation des matières en suspension. Ainsi, en aval de Langres et de Chaumont, la Marne est étroite et relativement turbulente, ce qui gêne la sédimentation; plus bas le flot est plus calme. A partir d'Épernay, la Marne est canalisée et il est vraisemblable que le batillage s'oppose à la sédimentation d'où le cumul des apports. Cette explication nécessite un processus rapide de fixation-désorption entre le bore dissous et la phase solide suspendue, qui reste à préciser.

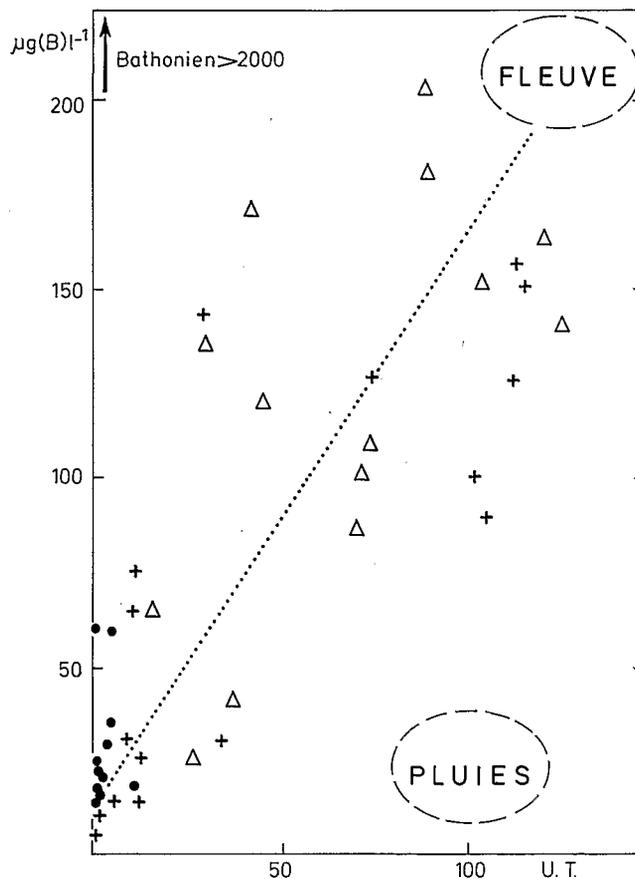


Fig. 3. — Répartition des teneurs en bore des nappes de la basse Seine en fonction de la teneur en tritium; triangle, forage dans la nappe alluviale; cercle, source dans la craie; croix, forage dans la craie.

3. LE MARQUAGE DES EAUX PAR LA TENEUR EN BORE. — La comparaison des teneurs en bore avec celles en tritium ( $^3\text{H}$ ) des aquifères de la région de Rouen est instructive (fig. 3). L'eau de la craie, pauvre en tritium ( $\leq 15$  UT) et en bore ( $20 \pm 10 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) est souvent contaminée par la Seine ( $\approx 130$  UT et  $200 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  B). Les précipitations représentent une troisième source bien individualisée (teneur en tritium centrée autour de 100 UT en 1976 et  $20 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  B), intervenant peu dans l'alimentation directe de la craie. La figure 3 montre que les sources dans la craie ne sont pas influencées par la nappe alluviale, à la différence des forages. Les points situés dans la partie supérieure gauche du graphe de la figure 3 impliquent l'existence d'une quatrième source, qui ne peut être le Bathonien déjà évoqué (pas de tritium), mais une eau récente très chargée en bore (contamination par la surface).

Ce travail a été effectué avec la collaboration de l'agence de Bassin Seine-Normandie et de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie.

(\*) Séance du 25 septembre 1978.

(<sup>1</sup>) A. WAGGOTT, *Water Research*, 3, 1969, p. 749.

(<sup>2</sup>) P. MATTHEWS, *Water Research*, 8, 1974, p. 1021.

(<sup>3</sup>) D. A. LIVINGSTONE, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 440 G, 1963.

(<sup>4</sup>) B. GUIOLLOT, *Contribution à l'étude du bore dans les eaux du Bassin parisien* (Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université Pierre-et-Marie-Curie, 1978).

(<sup>5</sup>) N. WOLF, *Soil Sc. Plant. Anal.*, 5, 1971, p. 363.

(<sup>6</sup>) C. MEGNIEN, *Hydrogéologie du Centre du Bassin de Paris* (Thèse de Doctorat, Paris, 1976).

(<sup>7</sup>) A. A. LEVINSON, *Water Research*, 5, 1971, p. 41.

(<sup>8</sup>) A. AHLT et E. JONSSON, *Ambio*, 2, 1972, p. 66.

(<sup>9</sup>) A. DELEPOULLE, *Les eaux de la région rouennaise* (Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université Pierre-et-Marie-Curie, 1978).

B. G. et R. L. : *Laboratoire de Géologie dynamique*,  
Université Pierre-et-Marie-Curie, 4, place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05;

M. P. : *Laboratoire de Spectrographie*, O.R.S.T.O.M., 93140 Bondy.