

L'origine de la charge dissoute dans l'eau des sources

BARBIER Jean

jean.barbier@noos.fr

CONFERENCE INTERNATIONALE « AQUIFERES DE SOCLE »
Le point sur les concepts et sur les applications opérationnelles,
la Roche sur Yon, 2015.

La charge dissoute dans les eaux souterraines a fait autrefois l'objet d'un programme européen, destiné à venir en appui à la Directive 2000/60 (« BAseline »). Il se proposait de déterminer la nature et le niveau de la charge naturelle, de manière à en déduire les pollutions et leur degré, par comparaison avec les mesures effectuées sur les eaux. Ce projet a été repris ici, et étendu de façon à concerner aussi les eaux contaminées par des apports anthropiques, à savoir l'azote (nitrates).

La charge naturelle peut être étudiée en groupant les observations par populations homogènes : la suite évidente est alors un calcul de moyennes et d'écart-types. Une autre approche, est de s'attacher aux « perturbations » relatives à certains paramètres, de façon à en déduire des constantes. Ces paramètres peuvent être physiques (altitude, par exemple), ou chimiques (Ca, Mg, NO₃) ; dans ce dernier cas, ils peuvent être liés à des phénomènes naturels (retombées de poussières atmosphériques), ou anthropiques (apports d'azote).

Les « perturbations » induites par un paramètre physique : l'altitude

Plusieurs paramètres sont plus ou moins fonction de l'altitude, selon les milieux dont sont issus les sources : Cl, Na, SO₄ ; ils sont liés aux apports d'embruns océaniques. Il en découle des « lignes de base », comme Cl/altitude (et potentiellement, Na/altitude), qui peuvent servir d'outils de travail (fig. 1).

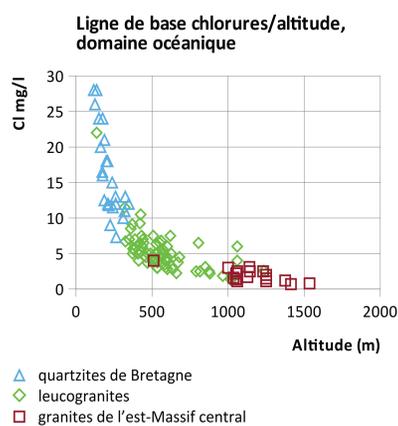


Figure 1. Lien Cl/Altitude, pour différents milieux du domaine atlantique.

Ainsi la ligne de base Cl/altitude permet de mettre en évidence plusieurs domaines, correspondant à des contributions météorologiques et climatiques, différentes.



Figure 2 – Les six Agences de l'eau. La limite approximative d'extension du domaine atlantique, pour la géochimie des chlorures, correspond à celle des Agences Seine-Normandie / Rhin-Meuse, et Loire-Bretagne – Rhône-Méditerranée-Corse.

Par exemple en Corse, l'évapotranspiration se traduit par un rapport Cl/Altitude plus fort, tandis que dans l'est de la France, ce rapport est plus faible, à cause de masses d'air atmosphériques, générant les pluies, de nature plus continentale

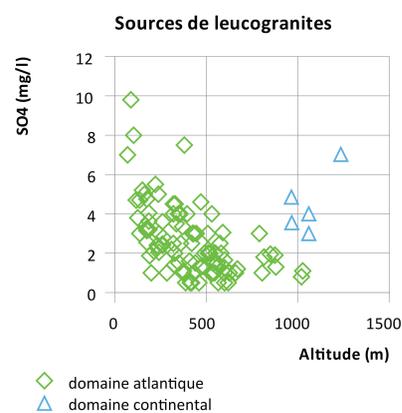


Figure 3 – Lien entre SO₄ et altitude, pour les sources de leucogranites.

De même, le lien entre SO₄ et altitude, montre un comportement particulier des sources de l'est du pays, avec un léger excès de sulfates par rapports aux apports marins (fig. 3). Ceci peut être interprété comme la signature d'une légère pollution atmosphérique, correspondant à des « pluies acides » : les apports soufrés ne se manifesteraient pas seulement sur la santé des forêts, mais aussi sur la charge dissoute de l'eau des sources. Il en résulte que, dans les eaux à faible peu minéralisées,

Conclusion

L'ensemble des contributions à la charge dissoute dans les eaux souterraines, est un problème qui est quasiment résolu. Toutefois, en rendre compte n'est pas si facile : ainsi, les nitrates anthropiques, ont comme contrepartie électrique des ions d'origine marine (Mg, K), éolienne (Ca), ou géologique. Il en va de même pour l'excès de sulfates constaté (fig. 3), d'origine atmosphérique, et pour une partie des bicarbonates. Nitrates et sulfates ne modifient pas les proportions des cations échangeables (Ca, Mg, K, Na ... Ni, Zn), mais il y a une compétition entre anions, signe d'un comportement non conservatif.

la pollution atmosphérique peut représenter plusieurs % de la charge dissoute.

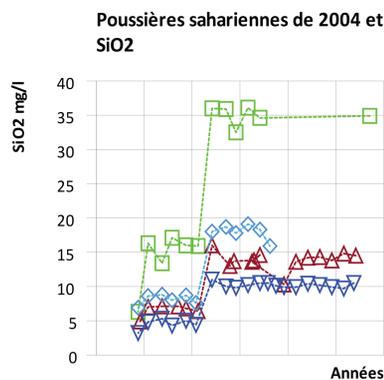


Figure 4 – Montée des concentrations en silice (2002 – 2011) sur quatre sources du Massif central, lors de l'épisode de retombées de février 2004.

La limite entre ces masses d'air marines et les masses de nature plus continentale, correspond à peu près à la limite administrative entre Agences de l'Eau, Seine-Normandie et Rhin-Meuse d'une part, Loire-Bretagne et Rhône Méditerranée d'autre part (fig. 2). Elle correspond donc à une ligne de relief, et de partage des eaux.

Des perturbations liées à des apports naturels, les retombées de poussières.

Une retombée exceptionnelle de poussières sahariennes en 2004, s'est traduite localement par une spectaculaire augmentation des valeurs en SiO₂ (figure 4), accompagnées de légères modifications de la charge dissoute en Mg et Ca.

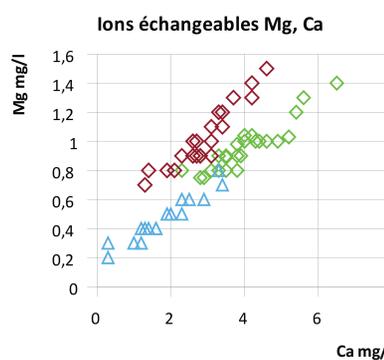


Figure 5 – Variations de concentrations en Mg et Ca (ions échangeables dans les sols), lors des retombées de poussières sahariennes (cf. fig. 4).

Pour une donnée source le rapport Mg/Ca reste invariant, à une constante près, laquelle est fonction de l'altitude, et donc des apports marins en Mg (fig. 5). La même chose est observable lors de modifications des apports anthropiques en azote, ce qui laisse deviner un même phénomène sous-jacent.

Ces retombées de poussières sont toutefois trop erratiques et imprévisibles, pour pouvoir être utilisées de façon systématique comme lignes de base.

Des perturbations liées aux apports anthropiques

Les apports en azote (nitrates) s'accompagnent d'une augmentation de Ca, Mg et K ; ces ions représentent la contrepartie électrique des nitrates. Stockés de façon temporaire dans les sols, ils sont d'origine diverse : marine, éolienne, mais aussi géologique (cf. ci-dessous). Les variations de concentrations en nitrates, ne changent pas les rapports mutuels entre ces ions échangeables.

La ligne de base Cl/altitude permet de suspecter un comportement non-conservatif des nitrates et des chlorures, du moins au niveau des sols. En effet sur les sources où les chroniques de mesure montrent une diminution des valeurs en nitrates, il en va de même pour les chlorures, avec une excellente corrélation (figure 6).

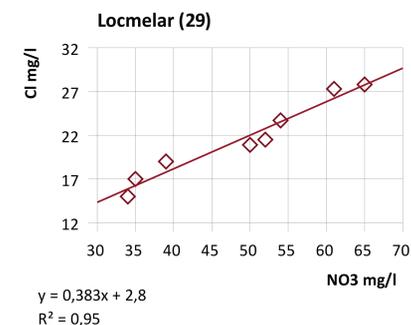


Figure 6 – Lien entre Cl et NO₃, dans le cas d'une décroissance de ces derniers. L'extrapolation à NO₃ = 3 mg/l, proche des valeurs naturelles, donne Cl = 4 mg/l, ce qui est aberrant pour une source à 155 m d'altitude (cf. fig. 1).

L'extrapolation vers des valeurs naturelles en nitrates (soit 3 mg/l environ), conduit toutefois à des valeurs en chlorures bien trop basses, par exemple 4 mg/l pour une altitude de 155 m.

Cela indique une compétition entre chlorures et nitrates, pour l'occupation de sites de fixation dans les sols : le phénomène a fait l'objet de nombreuses études, de la part des agronomes. Ainsi, nitrates et chlorures n'auraient pas un comportement conservatif (sans interaction avec les phases solides), au niveau de sols.

Les apports d'origine géologique

Leur mise en évidence n'est pas aisée, sauf dans les sources de roches calcaires ou volcaniques. Le paramètre SiO₂ ne peut être utilisé pour évaluer l'hydrolyse des silicates, car il est affecté par les apports atmosphériques (cf. fig. 4). Le paramètre « bicarbonates » peut l'être, mais il surestime cette hydrolyse : en effet il est en relation partielle avec les ions délogés de la Capacité d'Échange Cationique des sols (CEC). Quoiqu'il en soit, et mises à part les deux exceptions mentionnées ci-dessus, les apports géologiques sont de second rang par rapport aux contributions marines et éoliennes.