

Evaluation du degré de pollution de l'eau de mer en dosant les ions sodium, potassium et calcium dissous par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Auteurs

BELLIL Ali ⁽¹⁾, SAHNOUN Ali Yacine ⁽²⁾, S. BENSALFIR

⁽¹⁾ *Laboratoire de Génie des Procédés et Chimie des Solutions (LGPCS)*

Université de Mascara

⁽²⁾ *Laboratoire d'hydrologie et de gestion des ressources en eaux (HYDRE) USTO-MB*

E-mail : say2003dz@yahoo.fr

Mots clés : Degré pollution, eau de mer, sodium, potassium, calcium, spectrophotomètre atomique, concentration nominale.

Résumé

Dans cet article, nous comptons présenter une méthode pour évaluer le degré de pollution de l'eau de mer, en dosant la quantité de sodium, potassium et calcium, par spectrophotométrie d'absorption atomique. Cette analyse a été effectuée sur deux différentes plages, les sables et Bouzedjar.

Introduction

Pour mieux expliquer l'importance de notre idée et le choix de trois ions majeurs de l'eau de mer (Na^+ , K^+ et Ca^{+2}) comme témoins de l'existence des polluants solubles dans l'eau de mer, nous nous sommes imposés de présenter l'état du milieu que nous voudrions prouver sa contamination par des produits chimiques étrangers.

Bien que la pollution des eaux puisse être accidentelle, la plupart du temps elle provient de déversements incontrôlés d'origines diverses. Par exemple :

- Les eaux résiduaires urbaines;
- Les eaux d'origine industrielle;
- La pollution d'origine agricole.

L'eau de mer est une solution aqueuse composée de différents éléments de différentes natures qui définissent ses caractéristiques. Elle est constituée à 96,5 % d'eau pure, le reste se répartissant entre les sels, comme le chlorure de sodium et d'autres éléments chimiques : du fluor, du soufre, du potassium ou du calcium. Si plus des deux tiers des 94 éléments chimiques naturels sont présents dans l'eau de mer, la plupart le sont en faible quantité et difficilement décelables. Le tableau 1 exprime en quantité ces éléments chimiques.

Constituant	Symbole	Concentration (g/L)
Chlorure	Cl ⁻	21,40
Sodium	Na ⁺	11,60
Sulfate	SO ₄ ²⁻	3,06
Magnésium	Mg ²⁺	1,295
Calcium	Ca ²⁺	0,416
Potassium	K ⁺	0,390
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	0,145
Brome	Br ⁻	0,066
Strontium	Sr ²⁺	0,027
Bore	B ³⁺	0,013
Fluor	F ⁻	0,001
Total		38,772

Tableau 1 : Concentration des éléments chimiques présents dans l'eau de mer.

Les mers intérieures ou assimilées ont une salinité supérieure, parce que l'évaporation y concentre le sel. Les exceptions concernent donc des mers fermées ou semi-fermées, comme pour les valeurs extrêmes de 6 g/l dans les eaux de surface de la mer Baltique et 330 g/l dans la mer Morte. La mer ouverte la plus salée est la mer Rouge.

Critères de validité de notre étude

- La grande particularité de l'eau de mer est que les proportions relatives de ses constituants sont sensiblement constantes (c'est-à-dire indépendantes de la salinité); cette propriété a été établie par le chimiste écossais William Dittmar.

- La propriété de William Dittmar permet de considérer l'eau de mer comme une solution de onze constituants majeurs dans de l'eau pure, à savoir, par ordre décroissant d'importance, le chlorure, l'ion sodium, l'ion magnésium, le sulfate, l'ion calcium, l'ion potassium, le bicarbonate, le bromure, l'acide borique, le carbonate et le fluorure.

- Comme la salinité est obtenue par une seule mesure de la concentration d'un constituant comme l'ion chlorure (Cl⁻), selon la loi de Dittmar, la pollution pourrait être évaluée, ainsi.

- La composition de l'eau de mer est toujours la même. Seule la quantité des sels dissous varie en fonction du relief, de l'environnement ou du climat.

- L'eau de mer est composée principalement de 6 ions majeurs dont les proportions changent peu : Le Chlorure (Cl^-) représente 55,04 %, le Sodium (Na^+) représente 30.61 %, le Sulfate (SO_4^{2-}) représente 7.68 %, le Magnésium (Mg^{2+}) représente 3.69 %, le Calcium (Ca^{2+}) représente 1.16 %, le Potassium (K^+) représente 1.10 %.

- Le faible degré de solubilité des substances organométalliques est considéré comme élément de soutien pour évaluer la pollution par la concentration de certains ions cationiques favorables à la précipitation dans l'immédiat, une fois que le polluant chimique de nature anionique est présent dans le milieu.

Remarques : Selon ces critères, nous pourrions confirmer que la diminution, en dessous, de la concentration minimale de certains ions tels que le Sodium, majeur en quantité, et le potassium, mineur en quantité, exprime d'une manière ou d'une autre, le degré de pollution dans l'eau de mer. Ainsi l'ion calcium parce qu'il a la tendance à s'associer avec des substances organiques solubles dans l'eau de mer, et de caractères ioniques négatifs.

Réactifs et appareillage

Le choix de la méthode d'analyse se fera selon le type d'information que l'on désire obtenir mais aussi selon le type d'échantillon que l'on veut analyser. Notons que, du fait du processus d'atomisation, toutes ces méthodes sont évidemment destructives. De façon générale, ces techniques sont appropriées à l'analyse qualitative et quantitative de composés inorganiques.

Nous avons utilisé dans nos analyses la FAAS (Flamme Atomic Absorption Spectrometry). La spectrométrie d'émission de flamme, souvent appelée spectrométrie de flamme, est utilisée depuis longtemps pour l'analyse des éléments alcalins et alcalino-terreux.

Les longueurs d'ondes principales des éléments choisis sont : Calcium (Ca) 317.9 nm, le Potassium (K) 768 nm, le Sodium (Na) 589 nm.

Préparation des solutions étalons et tracé des courbes d'étalonnage

On prépare plusieurs concentrations connues de la molécule à doser, qui seront traitées comme les échantillons. Ils sont introduits dans la cuve de mesure du spectromètre pour la mesure de l'absorbance.

Une solution de 250 ml de NaCl de concentration [1,2 mg/l] a été préparée ainsi qu'une solution de NH_4OH 0,1%. Une autre solution de 250 ml de Ca^{+2} à 5 mg/l a été préparée à partir de CaCl_2 . La solution de NaCl est ensuite brûlée dans la flamme pour déterminer la position horizontale et verticale de la flamme afin d'obtenir un signal maximal. Ensuite, la solution sans NaCl est brûlée afin d'obtenir le signal zéro.

Trois séries de solutions étalons ont été préparées pour les ions Na^+ et K^+ et Ca^{+2} en mg/l. Les émissions ont ensuite été mesurées afin de tracer une courbe de calibration pour chaque élément. L'eau distillée a été utilisée comme blanc. Les émissions de l'eau de Sablette et Bouzedjar ont ensuite été mesurées en conservant les paramètres préalablement optimisés. L'absorbance A étant proportionnelle à la concentration C des molécules de l'espèce qui absorbe à une longueur d'onde λ donnée, le tracé de la courbe d'étalonnage $A = f([C])$ permet de déterminer le domaine de linéarité de la méthode et la pente de la droite. C'est dans la gamme de concentration correspondant à ce domaine de linéarité, qu'il sera préférable de se placer pour l'analyse des échantillons.

Cette courbe d'étalonnage permet également le calcul de ϵ , le coefficient d'extinction molaire de la substance concernée. Ce coefficient est caractéristique de la substance colorée à la longueur d'onde définie et dépend de la température de mesure.

Résultats et discussion

Tout d'abord, nous avons présenté les courbes d'étalonnage des trois ions Sodium, potassium et calcium, afin de les considérer comme courbe témoin du dosage de ces trois éléments de deux plages (Les Sablettes et Bouzedjar). Les figures 1,2 et 3 expriment la relation entre la densité optique et la concentration de chaque élément ionique.

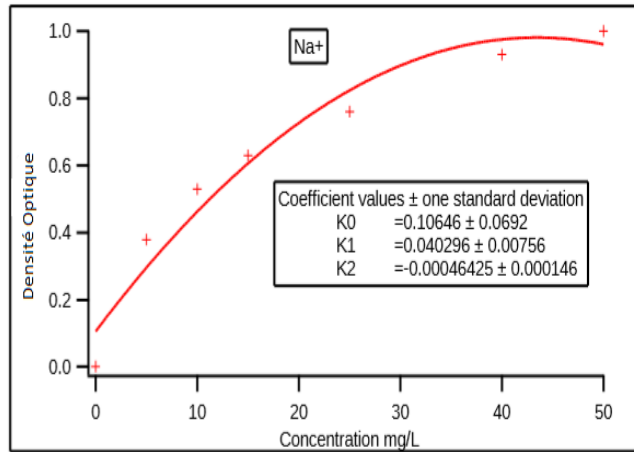


Figure 1 : Courbe d'étalonnage du Na^+

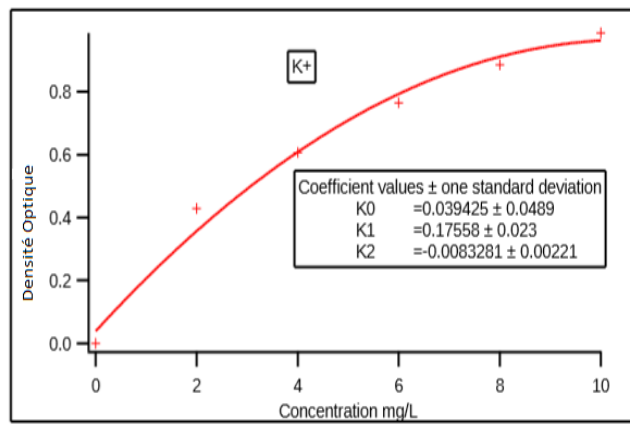


Figure 2 : Courbe d'étalonnage du K^+

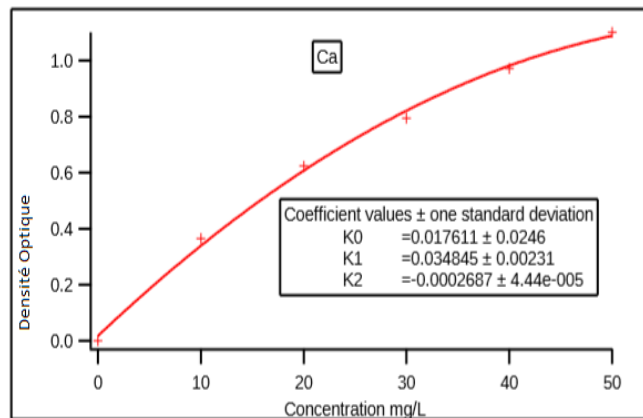


Figure 3 : Courbe d'étalonnage du Ca^{+2}

Les trois courbes de régression ont des formes polynomiales d'ordre deux. Comme la courbe de régression ne suit pas totalement notre courbe expérimentale, les concentrations de

sodium dans les eaux de mer ont été déterminées graphiquement. Pour la Plage de Bouzedjar, une dilution par quatre a été faite afin de ne pas saturer le signal. Les densités optiques obtenues sont 0.45 et 0.75 pour les plages des Sablettes et Bouzedjar. En appliquant la courbe d'étalonnage et le degré de dilution, on peut dire que les concentrations en sodium sont 10.8 et 12.342 g/l, respectivement, pour les deux plages.

	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²
Plage des Sablettes	10.8	1.1	0.74
Plage de Bouzedjar	12.342	1.85	0.85

Tableau 2 : Concentration des trois ions de deux différentes plages.

On aperçoit que la concentration en Na⁺ dans l'eau de mer de Bouzedjar (12.342mg/l) est supérieure à celle des Sablettes (10.8 mg/l). Le signal est plus sensible à la concentration de potassium, donc les concentrations prises pour tracer la courbe d'étalonnage sont plus petites. On aperçoit, aussi, que la concentration en K⁺ dans l'eau de mer de Bouzedjar (1.85mg/l) est supérieure à celle des Sablettes (1.1 mg/l). Ainsi, la concentration en calcium dissout Ca⁺² dans l'eau de mer de Bouzedjar (0.85 mg /l) est supérieure à celle des Sablettes (0.74 mg/l).

En comparant les concentrations des trois éléments analysés des deux plages, nous pourrions conclure que, selon notre méthode proposée dans cet article sur la possibilité d'estimation du degré de la pollution, que la plage des sablettes est plus ou moins polluée que celle de Bouzedjar. Comme il est préférable d'avoir des échantillons d'analyse de la profondeur de la mer et non pas de la plage afin de mieux observer le degré de la pollution et pour valider cette technique d'estimation de la pollution.

Une deuxième comparaison est effectuée avec les normes de l'eau de mer. Selon les valeurs du tableau 1, la concentration nominale en sodium est à 11.30 g/l. Cette valeur nous confirme que la plage des sablettes est considérée polluée puisque sa concentration est plus faible que la concentration nominale. Mais une pollution faible, si on constate la différence en concentrations.

Par contre la concentration nominale en potassium est à 0.390 g/l, mais celles des deux plages sont supérieures, et celle du calcium, selon le tableau 1, la valeur est à 0.416 g/l, mais les concentrations des deux plages sont à 0.74 et 0.85 g/l.

De toute façon, les quantités faibles ne pourraient pas exprimer le degré de pollution, ce qui est l'inverse pour le sodium, car ce dernier est quantitatif dans l'eau de mer.

Ainsi, l'analyse par spectrophotométrie à flamme ou atomique est un avantage, car le dosage par étalonnage est une technique non destructive puisqu'elle n'altère par l'échantillon dosé contrairement aux dosages par titrage qui nécessitent une réaction chimique. Par ailleurs il n'exige en règle générale qu'un volume modéré de solution.

Nous rappelons, aussi, que pour la spectroscopie d'absorption, la position de la flamme est très importante, car la partie de la flamme à utiliser est différente selon les éléments. L'absorbance de l'analyte varie d'une zone à l'autre de la flamme.

L'absorption a été réglée pour obtenir le maximum d'absorbance et n'a pas été changée entre les mesures faites pour la courbe d'étalonnage et l'analyse quantitative.

Références bibliographiques

[1] L. W. Tilton et J. K. Taylor, J. Res. Nat. Bur. Stand.

[2] Chou et Wollast, 1997; 2 : Morley et al., 1997

[3] Environment Canada. 2004. Water Pollution.

http://www.ec.gc.ca/water/en/manage/poll/e_poll.htm.

[4] http://eausecours.org/esdossiers/pollution_eau.pdf.

[5] Jean Rodier, L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer), 8^{ème} édition.