

Résolution de problème - Correction
La salinité d'une eau

mots clés : mers, océans

Bordas page 18

Situation problème

La densité de l'eau de mer dépend de sa température et de sa salinité, c'est-à-dire de sa concentration en sels dissous. Dans l'Arctique, l'eau qui gèle pour former la banquise rejette son sel dans l'eau liquide. Les eaux liquides de surface sont alors froides et chargées en sel : leur densité est élevée. Elles plongent en profondeur et sont entraînées vers le sud. Sous les Tropiques, la température de ces eaux augmente ; elles remontent à la surface. Ce phénomène crée un vaste courant appelé **circulation thermohaline** (Fig. 1), qui joue un rôle important dans la régulation du climat en transportant de la chaleur.

Pour mieux établir une carte de ce courant, les chercheurs utilisent des mesures de salinité.

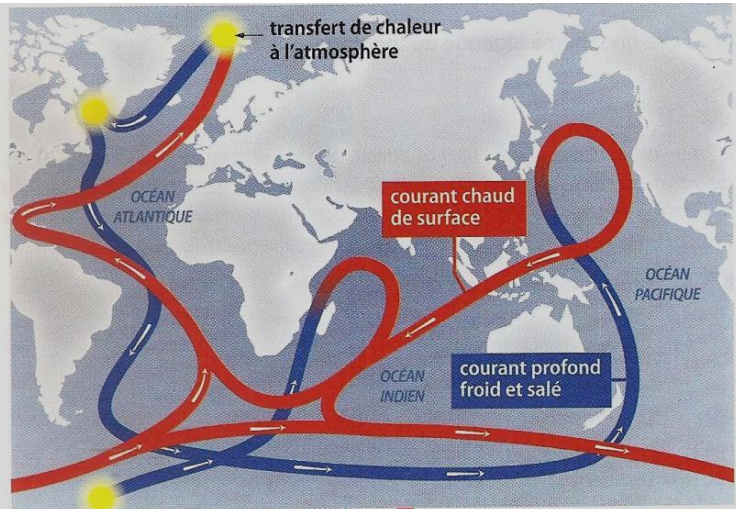


Fig. 1 La circulation thermohaline.

Analyse du problème

Dans l'eau de mer, les proportions relatives des espèces dissoutes (Fig. 2) restent quasiment constantes quelle que soit la salinité.

La **chlorinité** caractérise la quantité totale d'ions halogénure (Cl^- , Br^- ...) dans l'eau. Elle est exprimée en masse de chlore, en gramme, équivalente à la quantité totale d'ions halogénure dans 1 kg d'eau.

1 Comment une mesure de la chlorinité d'une eau peut-elle permettre de déterminer sa salinité ?

Question scientifique à résoudre

Comment déterminer expérimentalement la salinité d'un échantillon d'eau de mer ?

Construction des étapes de la résolution

- 2 **B2i** Généralement, quels sont les réactifs utilisés pour un dosage direct des ions chlorure ?
- 3 a. À quelle famille d'éléments appartient l'élément chlore Cl ? l'élément brome Br ?
 b. Que peut-on dire de leur réactivité ?
- 4 Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la concentration molaire en ions halogénure d'une eau de mer.
- 5 a. Quelle est l'unité de la chlorinité, qu'on notera Ch ?
 b. La concentration massique en halogénures équivalent chlore est-elle suffisante pour déterminer la chlorinité Ch dans cette unité ? Quelle grandeur physique caractéristique de l'eau étudiée doit-on aussi connaître ?
- 6 Proposer un protocole expérimental simple permettant la mesure de cette grandeur.

Anions	Cations
Chlorure (Cl^-) : 18,979 9 g · kg ⁻¹	Sodium (Na^+) : 10,556 1 g · kg ⁻¹
Sulfate (SO_4^{2-}) : 2,648 6 g · kg ⁻¹	Magnésium (Mg^{2+}) : 1,272 0 g · kg ⁻¹
Bicarbonate (HCO_3^-) : 0,139 7 g · kg ⁻¹	Calcium (Ca^{2+}) : 0,400 1 g · kg ⁻¹
Bromure (Br^-) : 0,064 6 g · kg ⁻¹	Potassium (K^+) : 0,380 0 g · kg ⁻¹

Fig. 2 Masse des principaux ions dissous en g par kg d'eau dans une eau de mer de salinité 35 g · kg⁻¹.

TP

Résolution de problème

Mise en œuvre des étapes de la résolution

Matériel

- burette de 25 mL avec support
- agitateur magnétique et barreau aimanté
- eau de mer de pH compris entre 6,5 et 7,5 (à ajuster si nécessaire)
- pipette de 10 mL
- balance
- solution de nitrate d'argent de concentration $C_2 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
- solution de chromate de potassium

Par titrage direct, on dose les ions chlorure Cl^- (aq) et bromure Br^- (aq) de l'eau de mer (de concentration c_1) par une solution contenant des ions argent (I) Ag^+ (aq) en concentration c_2 . Des ions dichromate CrO_4^{2-} (aq) sont ajoutés dans la solution titrée ; ils permettent de repérer l'équivalence en formant un précipité rouge Ag_2CrO_4 (s) en présence d'ions Ag^+ (aq) (Fig. 3).

Réaliser une dilution par dix de la solution d'eau de mer.

Réaliser le dosage d'un volume $V_1 = 5,0 \text{ mL}$ d'eau de mer.

Noter le volume équivalent $V_{\text{éq}}$.

- 7 a. Écrire l'équation support du dosage. En déduire une relation valable à l'équivalence entre c_1 , $V_{\text{éq}}$, c_2 et V_1 .
- 8 a. Déterminer la concentration molaire c_1 en ions halogénure de l'eau de mer.
b. En déduire la concentration massique en ions halogénure (équivalent chlorure) c_{m1} .
 - Mettre en œuvre le protocole déterminé à la question 6 pour mesurer la masse volumique de l'eau de mer.
- 9 Calculer la chlorinité Ch de l'eau de mer.
La salinité est toujours liée à la chlorinité par la relation $S = 1,81 \times Ch$
- 10 Calculer la salinité S de cette eau.

Regard critique sur la résolution

Depuis 1981, la détermination de la salinité par titrage de la chlorinité est officiellement abandonnée au profit d'une mesure de conductivité de l'eau (Fig. 4) à partir de la définition suivante :

« La salinité pratique d'un échantillon d'eau de mer est définie en fonction du rapport K de la conductivité électrique de cet échantillon d'eau de mer à $15 \text{ }^\circ\text{C}$ et à la pression atmosphérique normale et de celle d'une solution de chlorure de potassium dans laquelle la fraction en masse de KCl est $0,032\,435\,6$, à la même température et même pression. Une valeur de K égale à 1 correspond par définition à une salinité pratique égale à 35. »

- 11 Selon vous, quels avantages présente la méthode par conductimétrie par rapport au titrage de la chlorinité ?

Pour conclure

- 12 En quoi le suivi de la salinité en un lieu donné peut-il être intéressant ?

Matériel : 1 pipette jaugée 5 mL, une fiole jaugée de 100 mL

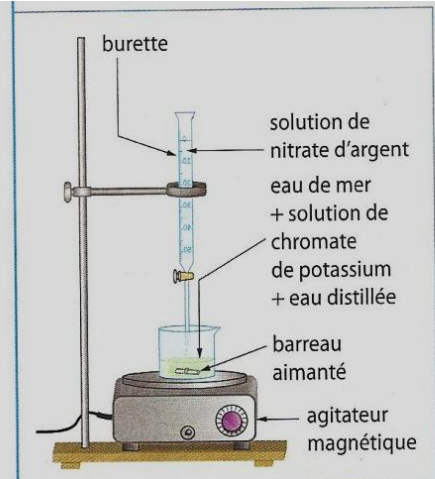


Fig. 3 Montage expérimental.

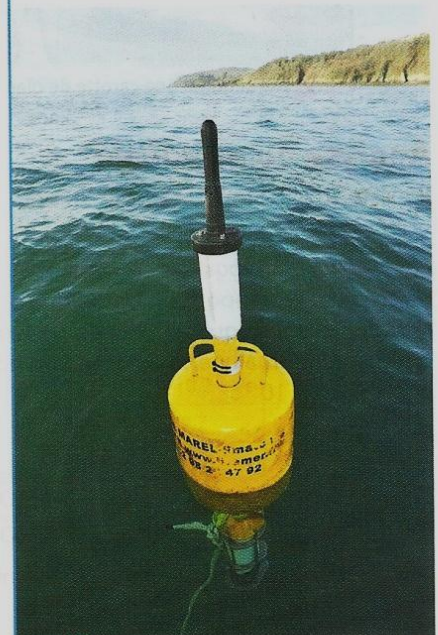


Fig. 4 Bouée de mesure de salinité installée par l'Ifremer.

Points de repère

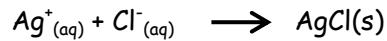
- Les **mers et océans** du globe contiennent de nombreuses espèces chimiques dissoutes.
- Les différences de **salinité** des masses d'eau sont en partie responsables de la **circulation thermohaline**.
- La détermination de la **chlorinité** permet de calculer la salinité d'une eau car les proportions d'espèces dissoutes n'en dépendent quasiment pas.

Résolution de problème - Correction

La salinité d'une eau

1. La grande particularité de l'eau de mer est que les proportions relatives de ses constituants (espèces dissoutes) sont sensiblement constantes (c'est-à-dire indépendantes de la salinité). On peut donc déterminer la salinité de l'eau de mer par une seule mesure : la concentration d'un de ces constituants (par exemple, Cl^-).

2. Généralement, les ions argent Ag^+ (le nitrate d'argent $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$) sont utilisés pour un dosage direct des ions chlorures.



3.a. Les éléments chlore et brome appartiennent à la famille des halogénures. (colonne VII e la C.P.E)

b. Les éléments chlore et brome sont dans l'avant dernière colonne de la classification périodique donc ils ne leur manque qu'un électron sur leur couche externe pour être stable : ils sont donc très réactifs. Ces éléments sont parmi les plus électronégatifs.

4. Il faut titrer (trouver la concentration) les ions chlorures par les ions argent (de concentration connue) selon la réaction totale et rapide du 2.

5.a. L'unité de la chlorinité (Ch) est g.kg^{-1} .

b. La concentration massique en halogénure équivalent chlore n'est pas suffisante pour déterminer la chlorinité, il faut aussi connaître la masse volumique de l'eau étudiée. Car 1 L d'eau de mer ne pèse pas exactement 1 kg.

6. Pour connaître la masse volumique de l'eau étudiée il faut peser un volume précis d'eau. Par exemple trouver la masse de 100 mL d'eau de mer.

7. L'équation du dosage est $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{AgCl}(\text{s})$

A l'équivalence la quantité d'ions argent introduit est égale à la quantité d'ions chlorure présents dans la solution d'eau de mer. On a donc :

$$n(\text{Ag}^+) = n(\text{Cl}^-)$$

Soit

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_{\text{eq}}$$

8.a. On en déduit la concentration molaire des ions chlorures $C_1 = 10 \times C_2 \times V_{\text{eq}} / V_1$

Soit $C_1 = 10 \times 2,0 \times 10^{-2} \times 12,3 / 5 = 4,9 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

b. On en déduit la concentration massique $C_{m1} = M(\text{Cl}) \times C_1$

D'où $C_{m1} = 17,5 \text{ g.L}^{-1}$

9. On considère que la masse volumique de l'eau salée est 1 kg.L^{-1} en première approximation.

On a donc la chlorinité $\text{Ch} = 17,5 \text{ g.kg}^{-1}$.

10. En utilisant la relation $S = 1,81 \times \text{Ch}$ on obtient la salinité de l'eau de mer $S = 31,7 \text{ g.L}^{-1}$.