

Chapitre 01 - Séance 3 : Les courants océaniques

Mots clefs : traceurs chimiques, mers et océans, climat

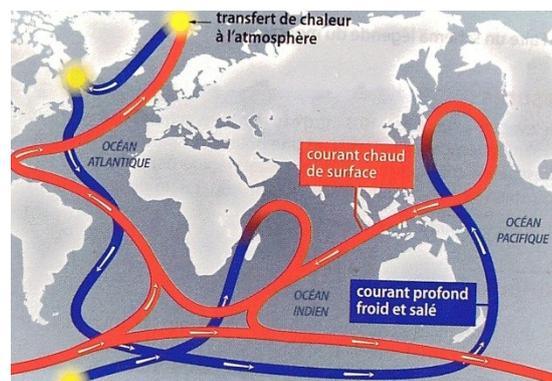
I. La salinité d'une eau (RPS)

La salinité d'une eau de mer, masse d'espèces solides dissoutes dans 7 kg d'eau, est une information utile aux océanographes et climatologues.

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.



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 ?

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.

Question scientifique :

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

Construction des étapes de résolution :

- 2) Généralement, quels sont les réactifs utilisés pour un dosage direct des ions chlorure ?
- 3) À quelle famille d'éléments appartient l'élément chlore Cl ? l'élément brome Br ?
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) Quelle est l'unité de la chlorinité, qu'on notera Ch ?
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.

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 jaugée de 10 mL, balance,

Enseignement de spécialité. Thème 1. L'EAU

solution de nitrate d'argent de concentration $c_2 = 2,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$,
solution de chromate de potassium.

- Par titrage direct, on dose les ions chlorure $\text{Cl}^-(\text{aq})$ et bromure $\text{Br}^-(\text{aq})$ de l'eau de mer (de concentration c_1) par une solution contenant des ions argent (I) $\text{Ag}^+(\text{aq})$ en concentration c_2 . Des ions dichromate $\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$ sont ajoutés dans la solution titrée ; Ils permettent de repérer l'équivalence en formant un précipité rouge $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$ en présence d'ions $\text{Ag}^+(\text{aq})$ (Fig. 3).
- Réaliser le dosage d'un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ d'eau de mer. Commencer par un dosage rapide permettant de repérer approximativement l'équivalence, puis procéder à un dosage plus fin. Noter le volume équivalent V_{eq} .

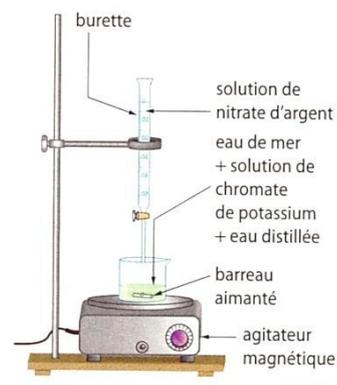


Fig. 3 Montage expérimental.

- 7) Écrire l'équation support du dosage. En déduire une relation valable à l'équivalence entre c_1 , V_{eq} , c_2 et V_1 .
 - 8) Déterminer la concentration molaire c , en ions halogénure de l'eau de mer. 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) Les proportions relatives des espèces dissoutes ne variant pas, montrer que la salinité S est toujours liée à la chlorinité Ch par la relation : $S \approx 1,81 \times Ch$.
 - 10) Calculer la salinité S de cette eau.

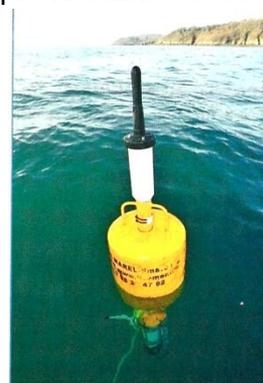


Fig. 4 Bouée de mesure de salinité installée par l'Ifremer.

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°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 ?

II. Courants océaniques, régulateurs de climat (ASD)

Les eaux profondes des océans, comme les eaux de surface, se déplacent et créent des courants marins.

Quelles sont les causes de ces courants et quel est leur rôle dans la régulation du climat ?

- 1) Quelles sont les causes de la circulation thermohaline ?
- 2) Justifier que la densité de l'eau augmente avec la salinité, ainsi que celle des eaux polaires de surface.
- 3) Pourquoi les eaux froides et salées de l'Atlantique Nord plongent-elles en profondeur ?
- 4) Qu'est-ce que le Gulf Stream ? Quel est son rôle comme régulateur du climat ? Quelles pourraient être les conséquences de sa disparition ?

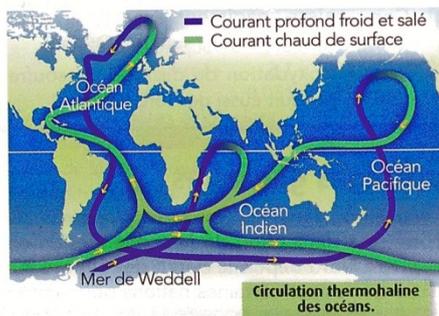
Document 1

Circulation thermohaline

La circulation thermohaline est la circulation permanente de l'eau des océans de la planète. Elle est due aux écarts de température et de salinité des masses d'eau. Les différences de densité qui en résultent (l'eau froide est plus dense que l'eau chaude et l'eau salée est plus dense que l'eau douce) contribuent à l'apparition des courants. Les eaux froides et salées de l'Atlantique Nord plongent et alimentent les courants profonds. Elles se mélangent aux eaux froides de l'Antarctique qui plongent au niveau de la mer de Weddell. Réchauffées sous les Tropiques, ces eaux refont surface au niveau des océans Indien et Pacifique, quelques siècles plus tard, puis remontent vers l'Atlantique Nord grâce, par exemple, au Gulf Stream.

Par ces échanges, l'océan régule le climat, car il stocke l'énergie solaire de la zone équatoriale et la transporte vers d'autres latitudes où elle est transférée à l'atmosphère.

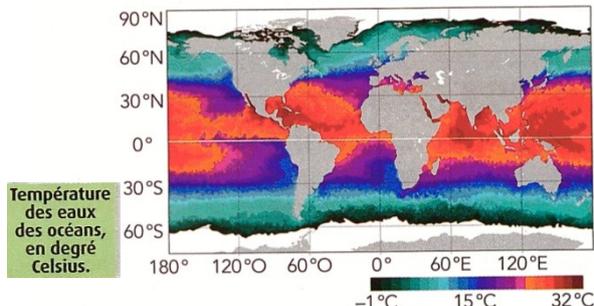
D'après le site www.ifremer.fr



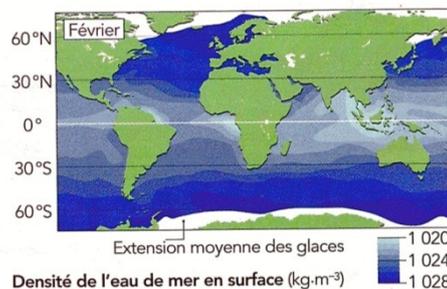
Document 2 **Température et densité**

La température de surface des océans est élevée dans les zones tropicales et diminue à mesure que la latitude augmente. Les océans sont chauffés en surface par le rayonnement solaire, mais celui-ci ne pénètre pas profondément. Les océans absorbent plus d'énergie thermique près de l'équateur que près des pôles. Ce déséquilibre contribue, associé aux vents, à l'apparition des courants marins.

Dans les régions polaires, les eaux liquides de surface sont très salées, car le sel, non piégé par la glace, se concentre dans l'eau liquide des océans, sous la banquise.



D'après Naval Oceanography Portal - Navy Coupled Ocean Data Assimilation.



D'après le site <http://planet-terre.ens-lyon.fr>

III. Les traceurs chimiques (ASD)

Les traceurs chimiques sont devenus ces dernières années des outils essentiels en océanographie. Quels sont les traceurs chimiques et que permettent-ils d'étudier ?

Document 1

Différents traceurs

De nombreux éléments chimiques transitent par les océans.

Cette dynamique peut être suivie grâce à des mesures de très faibles quantités d'espèces chimiques appelées traceurs.

Ils permettent d'étudier les déplacements des masses d'eaux dans l'océan profond et d'établir des échelles de temps.

Deux types de traceurs sont étudiés : les traceurs naturels (ions silicate, phosphate, nitrate, dioxygène, etc.) et les traceurs transitoires apportés par l'homme (fréon, tritium, carbone, etc.).

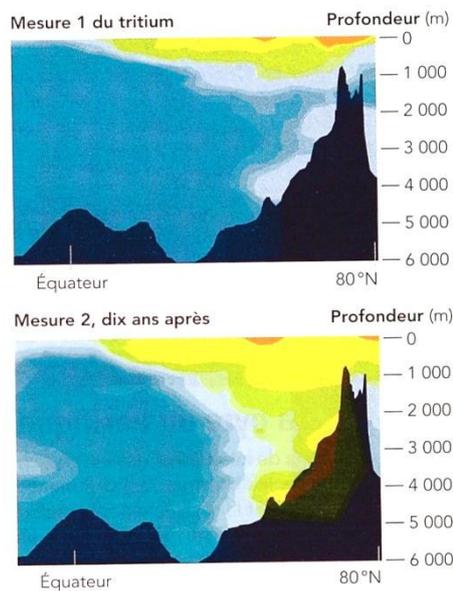
Document 2

Un traceur : le tritium

Dans les années 60, suite aux essais nucléaires, la quantité de tritium ³H dans l'atmosphère a augmenté. Le tritium a ensuite diffusé dans les eaux de surface lors des échanges entre l'atmosphère et l'océan. Entraîné par les courants plongeants, il s'est retrouvé en profondeur.

Les documents ci-contre présentent le résultat de deux mesures de tritium effectuées dans l'Atlantique Nord à 10 ans d'intervalle. Dans ces documents, le tritium est repérable par les couleurs orange, jaunes et vertes.

D'après G. OSTLUND, Tritium Laboratory, Miami.



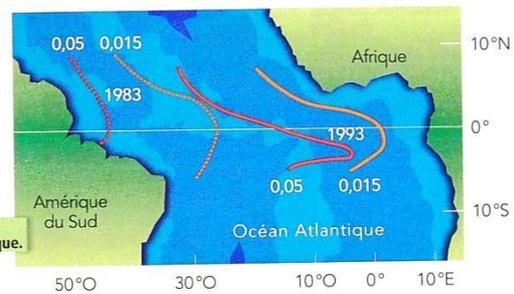
Enseignement de spécialité. Thème 1. L'EAU

Document 3 Les CFC

Les mesures des concentrations en fréons (chloroflurométhane, CFC-11), gaz libérés depuis plus d'un demi-siècle par les bombes aérosols et les fluides réfrigérants, permettent de mettre en évidence un flux d'eaux profondes en Atlantique Nord et une vitesse d'advection d'environ $1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Comparaison des isolignes de $0,05 \text{ pmol/kg}$ et $0,015 \text{ pmol/kg}$ entre 1983 (traits en pointillé) et 1993 (traits continus) dans la zone équatoriale de l'Atlantique.

D'après données recueillies entre 1600 et 1800 m de profondeur. Document transmis par le Laboratoire d'océanographie dynamique et de Climatologie, Paris.



- 1) Que sont les traceurs naturels ? les fréons ?
- 2) Le tritium est émetteur β^- . Ecrire son équation de désintégration.
- 3) Comment suivre son avancée ?
- 4) Décrire le déplacement du traceur tritium. (Doc. 2)
- 5) Définir les termes advection et isoligne. (Doc. 3)
- 6) Dans que direction se dirige le flux de fréons ?
- 7) **Bilan :** Définir un traceur chimique, puis expliquer comment l'étude des traceurs permet d'analyser la circulation océanique.