

II – Étude expérimentale

Expérience professeur et expérience n°1



1. De quelle nature (froide ou chaude) sont les courants en profondeur ? en surface ?

Le courant lié à la présence du glaçon provoque un déplacement de l'encre vers le bas et sa circulation au fond de l'aquarium. En revanche, le courant crée dans la partie chauffée par la lampe se déplace en surface.

2. Proposer une interprétation sur la différence de densité entre l'eau froide et l'eau chaude.

Lors qu'un corps chauffe, il se dilate, ce qui signifie que son volume augmente et donc que sa masse volumique diminue (rappel : $\rho = m / V$), car une même masse occupe un volume plus grand. En conclusion : $\rho(\text{chaud}) < \rho(\text{froid})$

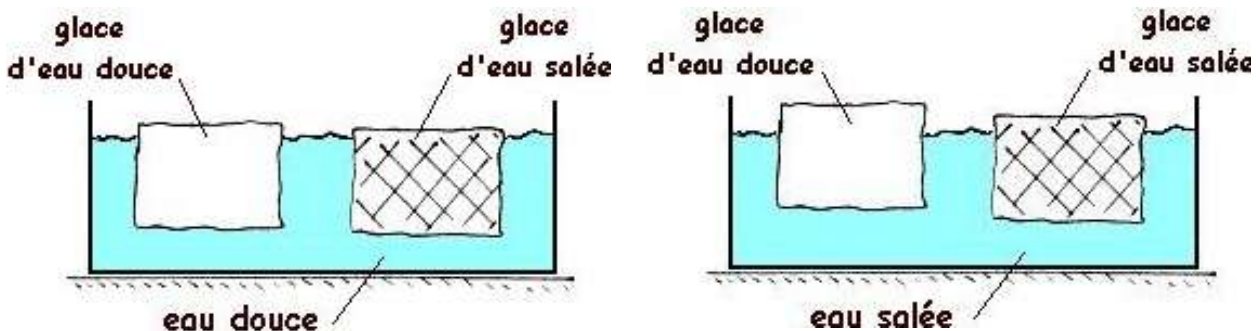
La densité étant le rapport entre la masse volumique d'un corps et celle du corps de référence (l'eau), elle sera plus faible dans le cas d'un corps chaud que dans celui d'un corps froid.

Si $\rho(\text{chaud}) < \rho(\text{froid})$ alors $\rho(\text{chaud}) / \rho(\text{eau}) < \rho(\text{froid}) / \rho(\text{eau})$ d'où **$d(\text{chaud}) < d(\text{froid})$** .

Les eaux froides sont plus denses que les eaux chaudes.

Expérience n°3

Réaliser un schéma des quatre observations. Comparer vos observations et conclure sur les différences de comportement entre l'eau liquide et l'eau solide selon qu'elle est douce ou salée.



Observations

Situation A : les deux glaçons sont plongés dans l'eau douce. Dans les deux cas, ils flottent, celui d'eau douce mieux que celui d'eau salée. L'eau douce à l'état solide présente une masse volumique inférieure à celle de l'eau douce à l'état liquide.

Situation B : les deux glaçons sont plongés dans l'eau salée. Les observations sont similaires aux précédentes, mais la flottabilité est meilleure pour chaque glaçon, le glaçon d'eau douce flottant toujours mieux que le glaçon d'eau salée.

Conclusion

Les eaux salées sont plus denses que les eaux douces.

Ces situations s'observent dans la nature : glace sur les lacs et les rivières (eau douce), banquise (glace d'eau de mer) et icebergs (glace d'eau douce) sur les océans (eau plus ou moins salée).

III – Synthèse des documents et de l'étude expérimentale

Expliquer en une vingtaine de lignes le rôle de la circulation thermohaline dans la régulation du climat.

Illustrer brièvement votre réponse en expliquant ce que la présence du Gulf Stream change au climat en prenant l'exemple de deux villes portuaires situées à la même latitude environ 45°, Montréal (Amérique du Nord) et Bordeaux (Europe de l'ouest) sachant que la température hivernale moyenne de Montréal est beaucoup plus faible que celle de Bordeaux. Que changerait la disparition de ce Gulf Stream.

D'après le document, il est visible que les eaux profondes des océans, comme celles de surface, se déplacent, créant ainsi de puissants courants océaniques. Ces courants sont dus aux écarts de **température et de salinité des masses d'eau** : on parle de **circulation thermohaline**.

Le **Gulf Stream** est le courant océanique le plus connu. Il s'agit d'un courant d'eaux chaudes de surface qui prend sa source dans le golfe du Mexique et se déplace vers l'Europe où des transferts thermiques ont lieu entre l'océan et l'atmosphère (document 1). Puis, les eaux du Gulf Stream montent vers les régions polaires et se mélangent avec les eaux froides de l'Atlantique Nord.

Il est intéressant de constater que deux villes au profil similaire, côtières, de latitudes similaires, peuvent posséder des climats très différents. Ainsi, Bordeaux, avec une température moyenne d'environ 14 °C, présente une météo plus clémente que Montréal, avec sa température moyenne d'environ 6 °C. Cette différence notable est liée à la présence du Gulf Stream. En effet, l'eau se réchauffe moins vite que l'air, mais, dans le même temps, se refroidit également moins vite que lui, permettant de limiter ainsi les amplitudes de variation de la température.

La disparition de ce courant offrirait à Bordeaux un climat similaire à celui de Montréal.

Les eaux liquides de surface de l'Arctique et de l'Antarctique sont très salées (document 4). En effet, le sel, non piégé par la glace, se concentre dans l'eau. Les eaux froides et salées, donc doublement denses, de l'Atlantique Nord plongent au fond de l'océan et alimentent les courants froids profonds. Elles rejoignent les eaux froides et salées de l'Antarctique.

Réchauffés sous les tropiques (document 5), ces courants froids profonds refont surface au niveau des océans Indien et Pacifique.

Les océans sont chauffés en surface par le rayonnement solaire mais celui-ci ne pénètre pas en profondeur. Les océans absorbent plus d'énergie thermique près de l'équateur que près des pôles (document 4). L'énergie solaire stockée près de la zone équatoriale est transportée, grâce aux vents et aux courants marins, vers d'autres latitudes où elle est transférée à l'atmosphère.

Ainsi, les océans participent à la régulation du climat grâce aux échanges thermiques entre les courants marins et l'atmosphère.

IV – Résolution de problème : le carbone 14 (^{14}C), un traceur océanique

Analyse de documents : extraire des informations

Document 1

$^{14}_6\text{C}$ = isotope radioactif (émetteur β^-), $t_{1/2} = 5568$ ans.

Document 2

Atmosphère : quantité de carbone 14 constante.

Dans les eaux profondes, plus de renouvellement, quantité décroissante de carbone 14 (loi permettant de déterminer un âge).

Document 3

Schéma 1 : âges réels des eaux profondes

Schéma 2 : âges qu'auraient les eaux profondes à déplacement ralenti.

Informations contradictoires

Document 4

Circulation thermohaline

Problème

Expliquer en une vingtaine de lignes comment la datation au carbone 14 permet :

- de mettre en évidence la circulation thermohaline ;
- de calculer l'âge des eaux ;
- d'évaluer la vitesse moyenne de la circulation océanique profonde.

Déterminer l'ordre de grandeur de cette vitesse sachant que la distance parcourue par les eaux profondes entre l'Atlantique Nord et le Pacifique Nord vaut environ $4,0 \cdot 10^4$ km soit approximativement la valeur du périmètre de la Terre.

- En comparant les deux schémas du document 3, l'un datant l'âge des eaux profondes (3 000 m) et l'autre donnant l'âge des eaux en l'absence de courant, il est facile de s'apercevoir que les informations données ne concordent pas. Ainsi, en l'absence de courant ou si ceux-ci étaient très lents, l'âge des eaux profondes situées à 3000 m avoisinerait les 3000 ans. Or, si on considère des âges donnés par le premier schéma, on note des âges inférieurs (100 ans, 200 ans, etc.) qui prouvent que la descente à cette profondeur a été beaucoup plus rapide et est donc liée à l'existence d'un courant et donc à une circulation thermohaline qui renouvelle l'eau en profondeur.

- L'âge des eaux se mesure grâce à la datation à l'isotope carbone 14 (^{14}C), fabriqué en permanence dans l'atmosphère par le rayonnement cosmique et présent sous forme de molécules de gaz carbonique. Ce gaz se dissout dans l'océan de surface, si bien que le ^{14}C y est abondant et constamment renouvelé. En revanche, une fois que l'eau quitte la surface, la quantité de ^{14}C décroît car ses atomes se désintègrent. La mesure de cette décroissance permet de dater les eaux profondes des océans en évaluant le temps qui s'est écoulé depuis qu'elles ont quitté la surface. On a ainsi montré que les eaux profondes de l'océan Pacifique ont environ mille cinq cents ans, tandis que celles de l'océan Atlantique n'ont que trente ans.

- En raison de cette circulation thermohaline, l'eau qui remonte le Pacifique nord est la même que celle qui est descendue de l'Atlantique plusieurs centaines d'années plus tôt. Elle a donc parcouru une distance approximativement égale au périmètre terrestre.

Présentation de donnée : $P = 4,0 \cdot 10^4$ km = $4,0 \cdot 10^7$ m ;

D'après le document 3, l'âge des eaux profondes est estimé à 100 années et celle du pacifique nord à 1750 ans. La durée pour parvenir d'un point à un autre s'exprime comme la différence entre ces deux âges.

$$\Delta t = 1750 - 100 = 1650 \text{ ans}$$

Il devient donc facile de calculer une vitesse comme le rapport de la distance parcourue sur la durée pour la parcourir :

$$V = P / \Delta t \quad \text{avec } V \text{ en m.s}^{-1}, P \text{ en m et } \Delta t \text{ en s}$$

Attention ! Harmoniser les unités : $\Delta t = 1650 \times 365,25 \times 24 \times 3600$

$$V = 4,0 \cdot 10^7 / (1650 \times 365,25 \times 24 \times 3600) = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1} \quad \text{soit } 0,76 \text{ mm par seconde}$$

Réponse du problème

L'ordre de grandeur de cette vitesse est donc 10^{-3} m.s^{-1} soit 1 mm par seconde.

Question subsidiaire

Le carbone 14 est un émetteur β^- , c'est-à-dire qu'il émet un électron ${}_{-1}^0e$.

Les conservations des charges et du nombre de nucléons s'appliquent.

