

A. LA CIRCULATION THERMOHALINE, MOTEUR DES COURANTS OCÉANIQUES

1. Rôle de la température des eaux

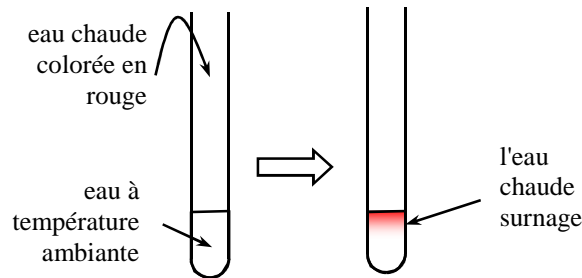
a. Première expérience :

Protocole : Mettre 1mL d'eau colorée en rouge dans un tube à essais et le mettre dans un bain-marie d'eau chaude (80°C).

Remplir à moitié un deuxième tube à essais avec de l'eau à température ambiante et y ajouter quelques gouttes d'eau chaude colorée en rouge à l'aide du compte-gouttes.

Observation : Le colorant rouge surnage.

Conclusion : Le colorant rouge permet de suivre le mouvement de l'eau chaude. L'eau chaude est moins dense que l'eau à température ambiante.



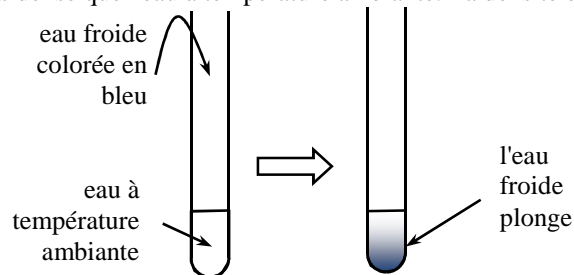
Deuxième expérience :

Protocole : Mettre 1mL d'eau colorée en bleu dans un tube à essais et le mettre dans un bain-marie d'eau froide (0°C).

Remplir à moitié un deuxième tube à essais avec de l'eau à température ambiante et y ajouter quelques gouttes d'eau froide colorée en bleu à l'aide du compte-gouttes.

Observation : Le colorant bleu plonge au fond du tube.

Conclusion : L'eau froide est plus dense que l'eau à température ambiante. La densité diminue avec la température.



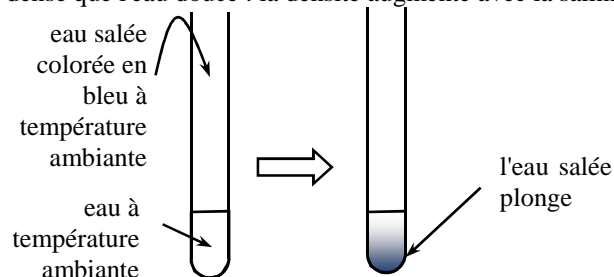
- b. Le spectre d'absorbance du document 2 indique que l'absorption des radiations infrarouges ($\lambda > 800$ nm) se fait dès les premiers mètres d'eau traversés par le rayonnement solaire. Puisque l'eau absorbe les rayons IR sur une profondeur d'une dizaine de mètres et que les rayons IR sont les rayons qui réchauffent notre planète, seule la surface des mers et des océans est chauffée par le Soleil.
- c. Les courants chauds sont nécessairement des courants de surface car le rayonnement solaire ne peut réchauffer que la surface des océans et l'eau chaude ainsi formée reste en surface car moins dense que l'eau froide.

2. Rôle de la salinité des eaux

- a. Protocole : Mettre 1mL d'eau colorée en bleu à température ambiante dans un tube à essais et y ajouter du sel. Agiter. Remplir à moitié un deuxième tube à essais avec de l'eau à température ambiante et y ajouter quelques gouttes d'eau salée colorée en bleu à l'aide du compte-gouttes.

Observation : Le colorant bleu plonge au fond du tube.

Conclusion : L'eau salée est plus dense que l'eau douce : la densité augmente avec la salinité.



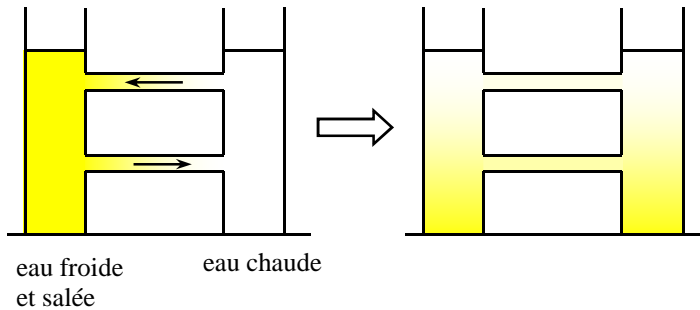
- b. D'après le document 3, les eaux de l'Atlantique Nord sont froides et salées. Les expériences précédentes ont montré que ces deux facteurs contribuent à augmenter la densité de ces eaux ce qui explique que ces eaux plongent en profondeur.

3. Expérience modélisant la circulation thermohaline

Protocole : Remplir le tube de gauche avec de l'eau froide (6°C) et salée colorée en jaune avec de la fluorescéine. Le tube de droite est rempli avec de l'eau chaude (80°C).

Observation : La fluorescéine suit les mouvements de l'eau et permet donc de suivre le courant qui s'établit. L'eau chaude incolore passe dans le tube de gauche par le tuyau supérieur. L'eau froide et salée jaune passe dans le tube de droite par le tuyau inférieur.

Interprétation : Cette circulation d'eau est due à la différence de densité. Les eaux froides et salées plus denses plongent dans le tube de droite par le tuyau inférieur alors que les eaux chaudes, moins denses passent dans le tube de gauche par le tuyau supérieur.



4. Conclusion

Les eaux de surface de l'Arctique et de l'Antarctique sont froides (-1°C) et très salées. En effet, le sel, non piégé par la glace, se concentre dans l'eau (document 3). Ces eaux sont donc très denses et plongent au fond de l'océan et alimentent les courants froids profonds. Cette plongée des eaux froides aux hautes latitudes va "aspérer" des masses océaniques chaudes et peu denses de surface (provenant des zones équatoriales et tropicales). Réchauffés sous les tropiques, les courants froids 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 3). L'énergie solaire stockée près de la zone équatoriale est transportée grâce 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.

Le Gulf Stream est courant d'eau chaude de surface (stream = courant) qui prend sa source dans le Golfe du Mexique (Golfe = Gulf) et se déplace vers l'Europe. La différence de température hivernale moyenne entre Montréal et Bordeaux est ainsi due au transfert de chaleur des eaux chaudes du Gulf Stream vers l'atmosphère de l'Europe. Ce transfert de chaleur n'existe pas près de Montréal.

B. LE CARBONE 14, UN TRACEUR OCÉANIQUE

1. Désintégration β^- du carbone 14 : ${}^{14}_6\text{C} \longrightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$
2. L'âge des eaux profondes est la durée écoulée depuis la plongée de ces eaux au niveau des hautes latitudes (eaux de surface de l'Arctique et de l'Antarctique).

3. RPS (résolution d'un problème scientifique)

Le carbone 14 est produit en permanence dans la haute atmosphère où il résulte de réactions nucléaires provoquées par les rayons cosmiques. Sa quantité peut être considérée comme constante car sa production est compensée en permanence par sa désintégration β^- .

Quand le carbone 14, présent dans le dioxyde de carbone CO_2 atmosphérique, entre en contact avec l'océan, il est dissous dans les eaux de surface. Une fois entraîné dans les eaux profondes par la circulation thermohaline, le carbone 14 évolue en système fermé, coupé de l'atmosphère. Non renouvelé, sa quantité diminue selon une loi de décroissance exponentielle : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$. Les documents 2 et 3 montrent ainsi que la mesure de la quantité de carbone 14 restant à une profondeur donnée permet d'évaluer le temps de séjour de ce traceur dans l'océan et, d'autre part, qu'en profondeur le courant connaît une circulation caractérisée par sa lenteur. L'eau qui remonte le Pacifique Nord est la même que celle qui est descendue de l'Atlantique Nord voici plusieurs centaines d'années, via la circulation thermohaline. Pour évaluer l'ordre de grandeur de la vitesse moyenne de la circulation océanique profonde, il faut exploiter le document montrant l'âge des eaux profondes à 3 000 m de profondeur et utiliser le fait que de l'Atlantique Nord au Pacifique Nord (soit un parcours d'environ $4 \times 10^4 \text{ km}$), le traceur a mis 1750 ans environ.

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{4 \cdot 10^4 \times 1000}{1750 \times 365,25 \times 24 \times 3600} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = \underline{0,7 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}}$$

ordre de grandeur de v : 1mm/s