

OBJECTIFS

- Extraire et exploiter des informations sur les courants océaniques et leur rôle dans la régulation du climat.
- Proposer une expérience montrant le lien entre densité et température de l'eau.
- Extraire et exploiter des informations sur les traceurs chimiques et leurs utilités.
- Résolution de problème sur un traceur océanique, le carbone 14 : extraire des informations, utiliser un modèle, effectuer des calculs.

L'étude des grands courants océaniques à l'échelle de la planète est indispensable pour comprendre le climat. Les masses d'eau véhiculées contribuent ainsi à transférer de la chaleur et donc atténuer les différences de température. Pour étudier ces courants océaniques, les océanographes utilisent des traceurs chimiques, espèces chimiques dont la présence et la concentration peuvent être déterminées, ce qui leur permet la réalisation de cartographies à grande échelle des océans.

➔ Quelles sont les causes de ces courants océaniques et quel rôle jouent-ils dans la régulation du climat ?

Introduction

Document : Réserves en eau de la planète Terre

Réa, Val

Surface de la planète :	510 millions de km ²
Surface occupée par les mers et océans :	360 millions de km ²
Volume d'eau total (hydrosphère) quel que soit son état physique :	1409 millions de km³
- Mers et océans :	1370 millions de km ³
- Calottes glaciaires et glaciers :	29 millions de km ³
- Eaux souterraines :	9.5 millions de km ³
- Eaux de surfaces :	0.13 millions de km ³
- humidité des sols etc... :	0.37 millions de km ³ .

Questions :

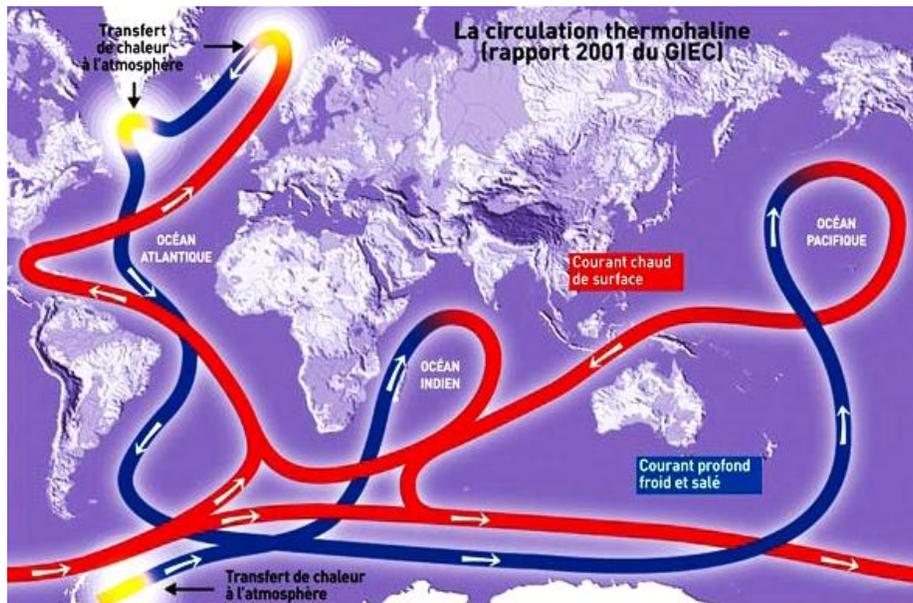
1. Déterminer le pourcentage occupé par les mers et océans sur l'ensemble de la surface de la planète.
2. Avec le tableur Excel, sur un diagramme circulaire, représenter, en pourcentages de l'hydrosphère, les volumes occupés par les mers et océans, les calottes glaciaires et glaciers, les eaux souterraines et le reste.
3. Schématiser le cycle de l'eau sur Terre.

▲ Le climat de la Terre résulte essentiellement de 4 facteurs, à votre avis, quels sont-ils ?

Ana

Document 1 : La 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. Il en résulte des différences de densité (**l'eau froide est plus dense que l'eau chaude, l'eau salée est plus dense que l'eau douce**) qui contribuent à l'apparition de ces courants.



Par ces échanges, l'océan régule le climat en déplaçant l'énergie stockée dans une zone de la planète vers d'autres endroits.

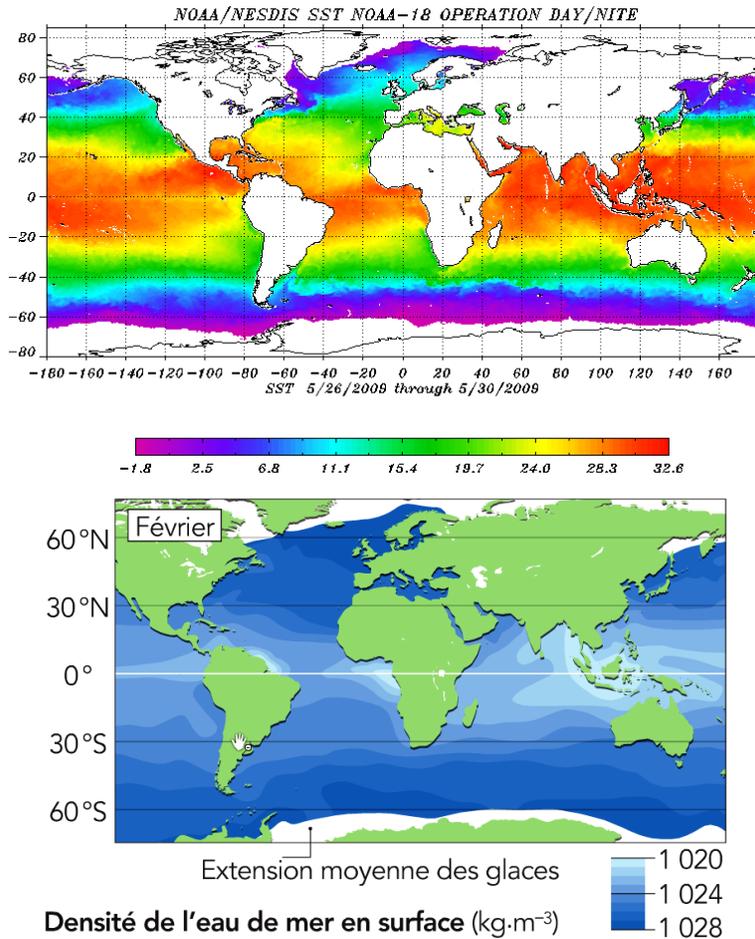
Document 2 : voir les animations suivantes sur les courants marins :

<http://www.youtube.com/watch?v=MomFqY4sHw4>

<http://www.youtube.com/watch?v=K1N0hImq2Yw>

Document 3 : Température et densité

La température de surface des océans est élevée dans les zones tropicales et diminue à mesure que la latitude augmente. Dans les régions polaires, le sel, non piégé par la glace, se concentre dans l'eau liquide sous la banquise.



Questions :

Ext, Exp

4. Quelles sont les causes de la circulation thermohaline ? Qualifier ces courants.
5. Justifier avec vos connaissances les notions scientifiques évoquées dans la phrase soulignée du document 1.
6. Quelles sont les eaux de surface les plus chaudes ? Pourquoi ? La température de l'eau diminue-t-elle avec la profondeur ? Justifier.
7. Expliquer alors la circulation des courants dans l'Atlantique nord à partir de l'équateur (de l'équateur vers le pôle nord et retour à l'équateur).
8. Définir le Gulf Stream.
9. Dans quelles zones de la planète remontent les eaux profondes froides ?
10. Quel est l'apport sur la régulation du climat de ces courants océaniques ?

Activité expérimentale

Aut, Ana, Réa, Val

- ▲ Avec le matériel disponible dans le laboratoire, proposer une expérience simple qui montre le lien entre température et densité d'une eau.

Les traceurs chimiques : qui sont-ils et quel est leur rôle ?

L'étude des courants marins de surface est rendue possible grâce à des satellites effectuant des relevés de température, par analyse de radiations IR émises. Pour les courants profonds et lents, on utilise des traceurs chimiques qui permettent d'étudier les déplacements de ces masses d'eau.

Dans le domaine de l'océanographie, les traceurs chimiques sont devenus ces dernières années des outils incontournables pour étudier la circulation océanique. Notre équipe met en œuvre, en complément des traceurs physiques classiques, deux séries de traceurs chimiques :

- ↳ les traceurs naturels (silicate, nitrate, phosphate, carbone 14) qui présentent dans l'océan profond sous certaines conditions des variations conservatives. Ce sont des outils d'aide à l'identification des masses d'eau qui ne pourraient pas être distinguées par les seuls traceurs physiques ;
- ↳ les traceurs transitoires qui sont des composés d'origine anthropique (artificielle) dont les teneurs ont largement évoluées ces dernières décennies. Il s'agit à l'aide de ces traceurs, d'étudier les déplacements des masses d'eaux dans l'océan profond et d'établir des échelles de temps dans les transports qui sont généralement difficiles à obtenir de manière certaine par les moyens classiques de la physique, en raison de la lenteur de la circulation profonde.

Parmi les traceurs anthropiques, on distingue le tritium ${}^3_1\text{H}$ (isotope de l'hydrogène libéré lors d'essais nucléaires réalisés dans les années 1960), le tétrachlorure de carbone CCl_4 et les fréons CFC (ensemble de différentes molécules de chlorofluorocarbone utilisées dans les bombes aérosols et les fluides des réfrigérateurs. Ces substances, libérées par l'Homme dans l'atmosphère il y a une cinquantaine d'années, se sont en partie dissoutes dans les océans. Un dosage des traceurs en différents endroits de l'océan permet ainsi de suivre le déplacement des eaux profondes.

D'après CNRS/Station Biologique Roscoff et le livre de spécialité édition Nathan collection Sirius

Questions : Ext et Exp, Val

11. Pourquoi ne peut-on pas utiliser les satellites pour l'analyse des courants marins profonds ?
12. Expliquer comment l'étude des traceurs permet d'analyser la circulation océanique.
13. Dans le texte, on parle de tritium, traceur physique isotope de l'hydrogène. Donner la définition d'atomes isotopes. Quelle est la composition du noyau de tritium ? Citer un autre isotope de l'hydrogène et indiquer la composition de son noyau.
14. Un des gaz fréon utilisé est le trichlorofluorométhane ou CFC 11, donner la représentation de Lewis de sa molécule : Cl : $Z = 17$; F : $Z = 9$; C : $Z = 6$. Quelle est sa structure spatiale ?

RÉSOLUTION DE PROBLÈME : Le carbone 14 (${}^{14}\text{C}$), un traceur océanique.

Document 1 :

Le carbone 14 (${}^{14}_6\text{C}$) est un isotope instable du carbone 12 (${}^{12}_6\text{C}$). C'est un émetteur β^- qui se désintègre spontanément en azote ${}^{14}_7\text{N}$. Sa demi-vie $t_{1/2}$ est de 5 568 ans (au bout d'une durée égale à une demi-vie, la moitié des noyaux d'un échantillon se sont désintégrés).

Document 2 :

Le carbone 14 est produit dans la haute atmosphère par des réactions entre des noyaux d'azote ${}^{14}_7\text{N}$ et des neutrons cosmiques ${}^1_0\text{n}$. Une fois produit dans l'atmosphère, le carbone 14 est oxydé en dioxyde de carbone ${}^{14}\text{CO}_2$, qui suit alors le cycle du carbone, comme le ${}^{12}\text{CO}_2$.

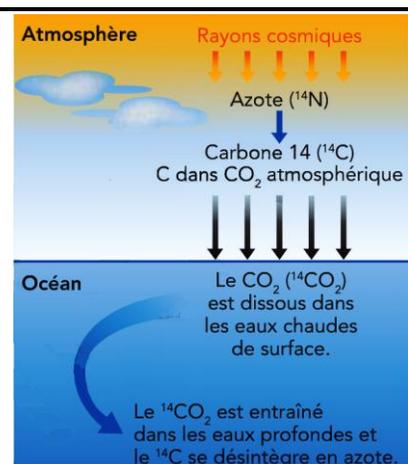
En l'absence de perturbation naturelle ou anthropique, la quantité de carbone 14 dans l'atmosphère est considérée comme constante.

Si du carbone 14 (${}^{14}_6\text{C}$) évolue en système fermé, en dehors de l'atmosphère, il n'est plus renouvelé et sa quantité diminue selon la loi exponentielle de décroissance :

$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$$

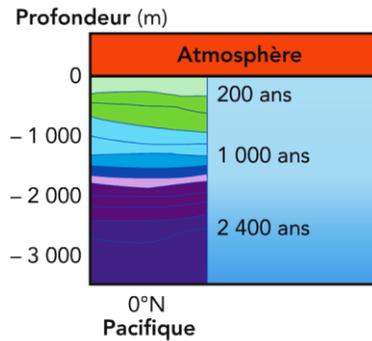
avec :

- $N(t)$: nombre de noyaux radioactifs restants à la date t
- N_0 : nombre de noyaux radioactifs présents à la date $t = 0$
- λ : constante de désintégration radioactive du carbone 14 telle que : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

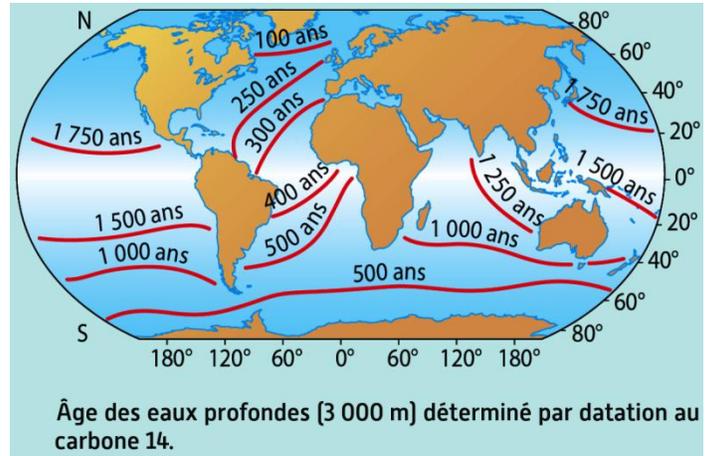


Document 3 :

Le carbone 14, produit dans l'atmosphère, diffuse lentement dans les profondeurs de l'océan par rapport à sa demi-vie.



Âges des eaux profondes du Pacifique, déterminés à l'aide du carbone 14, si les courants océaniques étaient ralentis.



Questions préliminaires :

Ext et Exp, Val

15. Écrire l'équation de production de carbone 14 dans la haute atmosphère. Écrire l'équation de désintégration β^- du carbone 14.
16. En vous aidant de sa demi-vie, au bout d'environ combien d'années par rapport à une date t , ne resterait-il plus qu'environ 3 % d'un échantillon de noyaux radioactifs ^{14}C pris à la date t ?
17. Pourquoi, isolé de l'atmosphère, le carbone 14 voit sa quantité diminuer ?
18. Si à une date t , un échantillon possède $5,0 \cdot 10^{12}$ noyaux de ^{14}C , combien en restera-t-il 1000 ans plus tard ?

Résolution du problème :

Aut, App, Ext et Exp, Ana, Réa, Val, Com

Expliquer comment la datation au carbone 14 permet de mettre en évidence la circulation thermohaline et déterminer l'ordre de grandeur de la vitesse moyenne de circulation océanique profonde (la Terre est assimilée à une sphère de rayon $R_T = 6\,370$ km).

QUELQUES PISTES

- Caractéristique du carbone 14 > sa détection
- La formation du carbone 14 > sa constance dans l'atmosphère
 - La datation au carbone 14
 - Relation profondeur - quantité de ^{14}C
- Raisonner sur une même profondeur (comparer avec la demi-vie)
 - Les eaux qui circulent sont uniques
- La datation des eaux informe sur le déplacement de celles-ci
 - Faire un schéma de la circulation thermohaline.