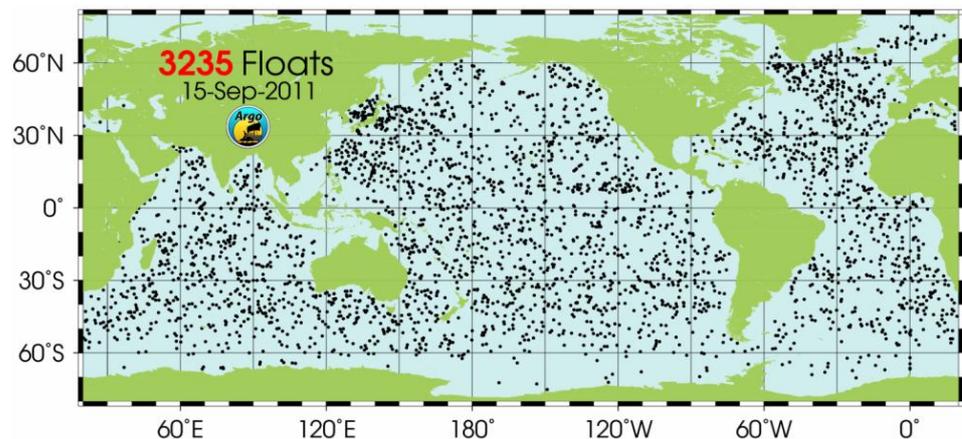


LA SALINITÉ POUR SURVEILLER LES OCÉANS (SUJETS ZÉRO 2013 5 points)

L'eau des océans est en mouvement permanent. C'est un tapis roulant géant, à l'échelle du globe, d'eaux chaude ou froide. On connaît une partie de ce tapis roulant : le Gulf Stream. Les mesures de paramètres physico-chimiques de l'eau des océans alimentent les modèles de circulation océanique. En effet, les mouvements des masses d'eau sont régis par trois facteurs principaux :

- les vents de surface pour les courants de surface (non abordé dans l'exercice) ;
- la température : une masse d'eau chaude est moins dense qu'une masse d'eau froide, ce qui entraîne un mouvement ascendant de l'eau plus chaude et descendant de l'eau plus froide ;
- la salinité : plus une eau est salée plus elle est dense, ce qui entraîne un mouvement descendant de cette eau.

L'évolution de cette circulation est sûrement liée au réchauffement climatique et peut être étudiée grâce à des mesures de la salinité de l'eau. Les océans sont donc sous surveillance. Par exemple, le programme ARGO est lancé depuis plus de 10 ans : environ 3000 bouées enregistrent quotidiennement température et salinité de l'eau de mer en surface, au gré de leur errance sur tous les océans. Une de ces bouées est photographiée ci-dessous. Régulièrement, les bouées émettent leurs données qui sont transmises par satellite. Chaque point sur le document ci-dessous correspond à la position d'une des bouées au 15 septembre 2011.



1. Comprendre la notion de salinité

L'eau de mer contient de nombreuses espèces dissoutes, la majorité d'entre elles est sous forme d'ions. Celle-ci est définie comme la masse en gramme d'espèces dissoutes contenues dans un kilogramme d'eau de mer. L'eau de mer de référence appelée « eau de mer normale » à la température de 15°C et à la pression atmosphérique normale de 1,0 bar, possède une salinité S de 35 g.kg⁻¹.

1.1. La densité de l'eau de mer normale d est égale à 1,02597. Quelle est la masse d'espèces dissoutes dans un m³ de cette eau de mer ?

1.2. Proposer un protocole simple permettant de mesurer la salinité d'une eau de mer au laboratoire.

2. Mesurer la salinité des océans

2.1. Les espèces dissoutes dans l'eau de mer étant essentiellement ioniques, la mesure de la conductivité électrique de l'eau de mer s'est imposée pour en déduire la salinité. Dans les océans, les salinomètres comme ceux présents sur les bouées du programme ARGO mesurent simultanément la température, la pression et la conductivité de l'eau de mer. Elles peuvent réaliser jusqu'à huit mesures de conductivité par seconde, aboutissant à autant de valeurs de salinité.

Les mesures de conductivité permettent de calculer la salinité S en g.kg⁻¹ d'un échantillon d'eau de mer à partir de la formule suivante :

$$S = 0,0080 - 0,1692 K^{1/2} + 25,3853 K + 14,0941 K^{3/2} - 7,0261 K^2 + 2,7081 K^{5/2}$$

avec K défini comme le rapport entre la conductivité électrique de cet échantillon d'eau de mer (à 15°C et à la pression de 1,0 bar), et la conductivité électrique d'une solution de chlorure de potassium de référence de concentration molaire $C = 4,48 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ mesurée à la même température et à la même pression.

Données :

- Conductivité électrique d'une solution : $\sigma = \sum_i \lambda_i \cdot [X_i]$ pour $[X_i] < 10 \text{ mol.m}^{-3}$;
- Conductivité molaire ionique des ions chlorure à 15°C : $\lambda(\text{Cl}^-) = 6,10 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$
- Conductivité molaire ionique des ions potassium à 15°C : $\lambda(\text{K}^+) = 5,88 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

En utilisant la relation donnant la conductivité électrique d'une solution, calculer la conductivité électrique de la solution de référence de chlorure de potassium. On mesure, à 15°C, la valeur de cette conductivité électrique $\sigma_{mesurée} = 4,2914 \text{ S.m}^{-1}$. Comparer ce résultat à la valeur calculée précédemment. Proposer une explication à l'écart obtenu.

2.2. Pour un échantillon de l'eau de l'océan arctique (à 15°C et à la pression de 1,0 bar), on mesure la conductivité $\sigma_{arct} = 3,9604 \text{ S.m}^{-1}$. Calculer la valeur de la salinité S d'une solution de cette eau de mer en donnant le résultat avec deux chiffres significatifs. Comparer à la salinité de « l'eau de mer normale ».

3. La salinité des eaux de surface océaniques et le climat

Les mesures relevées par les bouées du programme ARCO, ont permis de relever différents paramètres en fonction de la latitude. La salinité de l'océan est un paramètre clef pour étudier la circulation océanique des eaux de surface et comprendre le lien avec le changement climatique.

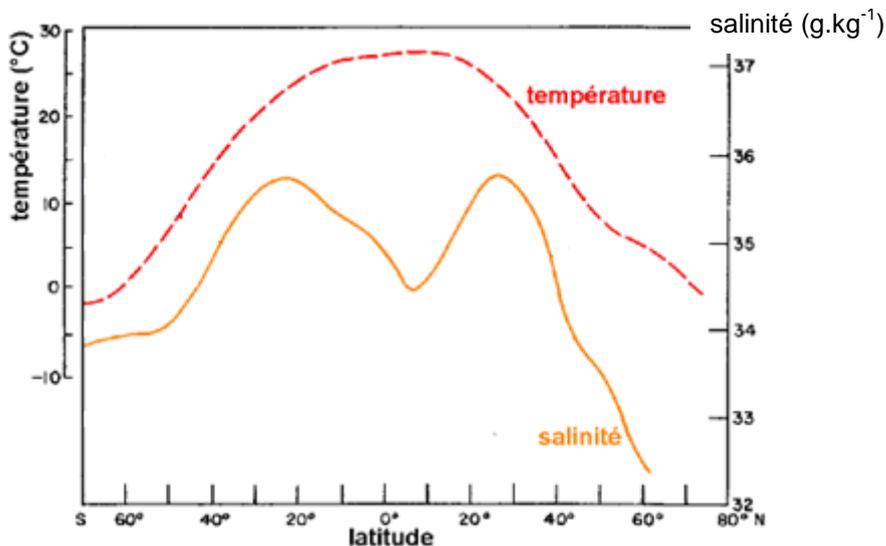


Figure 7. Évolution de la température et de la salinité des eaux de surface en fonction de la latitude, à partir des relevés de balise ARCO.

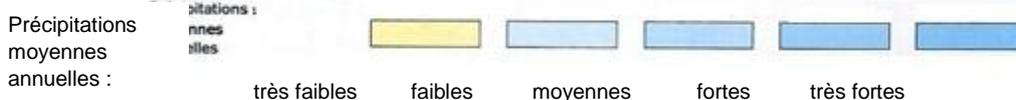
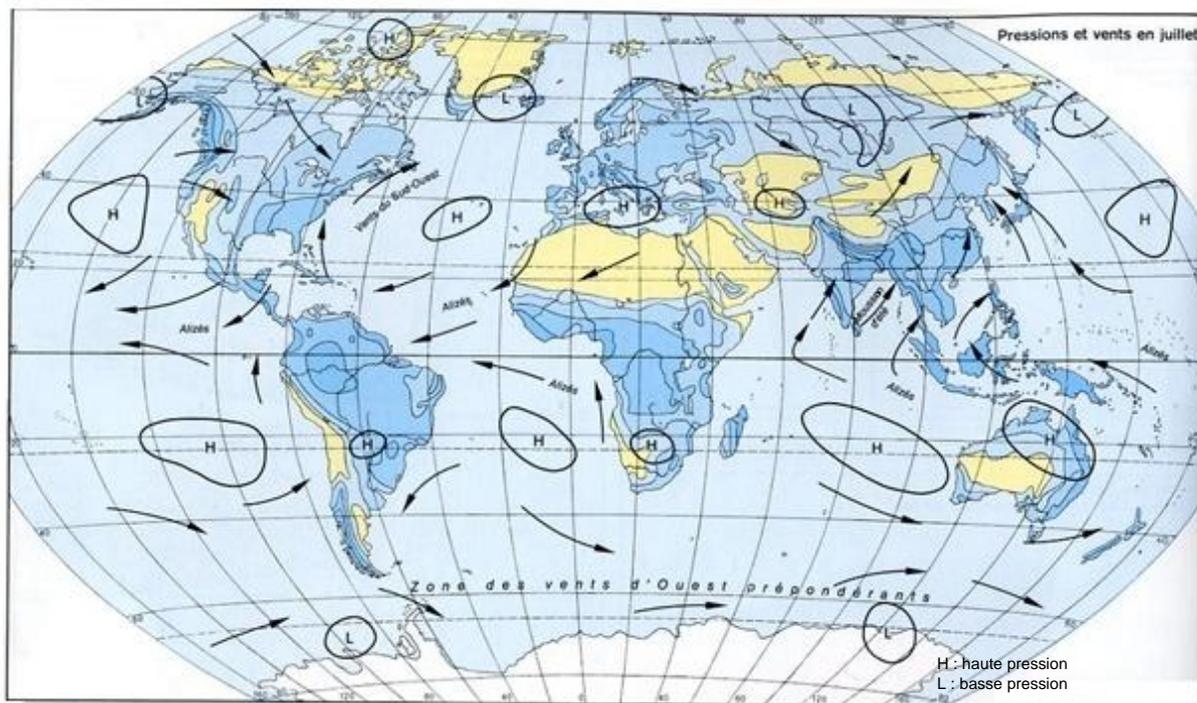


Figure 8. Précipitations annuelles en mm

3.1. À l'aide de la figure 7, proposer une explication à l'évolution de la salinité des eaux de surface pour les latitudes comprises entre 60° et 20° sud.

3.2. À l'aide des figures 7 et 8, proposer une explication à l'évolution de la salinité des eaux de surface au voisinage de la latitude de 0°.

3.3. Proposer une explication aux écarts de salinité moyenne des zones B et C par rapport à l'eau de mer normale (zone Atlantique Nord).

Zone étudiée	Atlantique Nord	Zone A (zone arctique)	Zone B (mer Méditerranée)	Zone C (embouchure du fleuve Amazone)
Salinité moyenne (g.kg ⁻¹)	35	32	39	31

3.4. Émettre une hypothèse sur l'évolution de la salinité dans la zone arctique compte tenu de l'augmentation de la température dans cette zone due au réchauffement climatique.