

DU BATEAU



AU LABO

**kit pédagogique :
travailler sur d'authentiques
données scientifiques**

Caractéristiques et circulation des masses d'eaux océaniques

Dossier enseignant



LYCÉE

Mathématiques (tous niveaux)

Physique-Chimie (tous niveaux)

Dossier issu de l'opération « Du Bateau au Labo ». [**En savoir plus.**](#)



Contexte

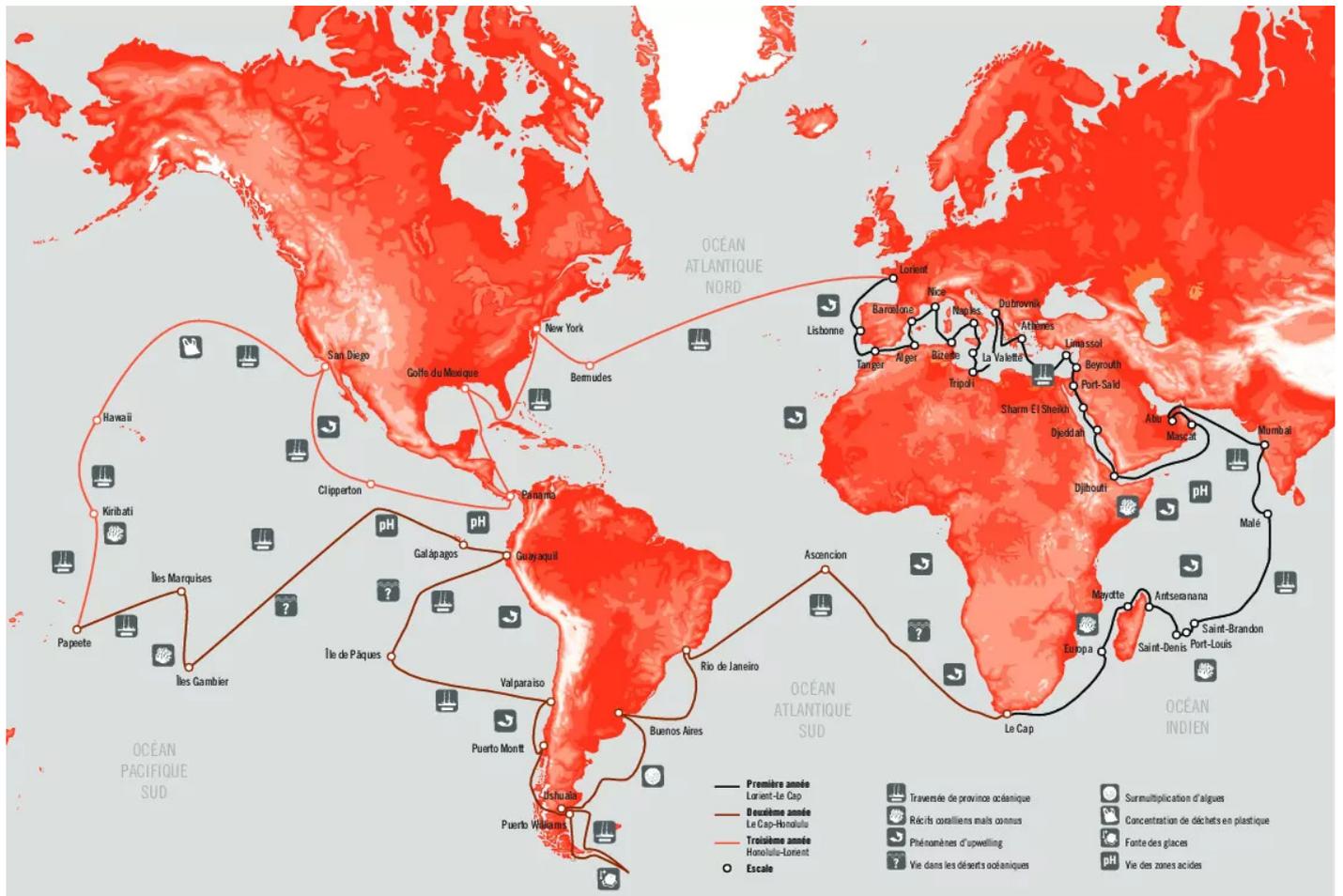
La Fondation Tara Océan, première fondation reconnue d'utilité publique consacrée à l'Océan en France, développe une science ouverte, innovante et inédite devant permettre de prédire et mieux anticiper l'impact du changement climatique.

Laboratoire flottant, la **goélette Tara** a déjà parcouru depuis 2003 près de 500 000 kilomètres, faisant escale dans plus de 60 pays lors de 12 expéditions menées en collaboration avec des laboratoires et organismes internationaux d'excellence.

▲ Goélette Tara (© Sachat Bollet)

Durant l'**expédition Tara Oceans** (2009-2013), la goélette Tara a collecté des données océanographiques très complètes (température, salinité, concentration en oxygène, chlorophylles et divers éléments chimiques dissous dans l'eau). Un thermo-salinographe (TSG), situé sous la coque de Tara, enregistre la température et la salinité « en continu » pendant que le bateau avance avec une extrême précision (de l'ordre du millième de degré pour la température!).

▼ Trajet de l'expédition Tara Oceans (© Fondation Tara Océan)



Problématique scientifique



Ce kit pédagogique propose de faire travailler vos élèves sur les données de température et de salinité issues des mesures réalisées par la goélette *Tara* lors de l'expédition *Tara Oceans* (2009-2013).

A l'appui des données authentiques de l'expédition *Tara Oceans*, les élèves pourront étudier les différences de température et de salinité de l'eau sur le trajet de cette expédition, puis s'interroger sur l'impact que ces différences peuvent avoir sur la formation de courants marins.

La problématique est donc :

Quelles variations de température et de salinité la goélette *Tara* a-t-elle enregistrées lors de son expédition *Tara Oceans*, et comment peuvent-elles nous éclairer sur la formation des courants marins ?

Lien avec les programmes scolaires



Problématique	Objectifs	Programme (BO)	Compétences
Mathématiques - tous niveaux			
Quelles variations de température et de salinité ont été relevées par <i>Tara</i> lors de l'expédition <i>Tara Océans</i> ?	<ul style="list-style-type: none"> • Découvrir le trajet de <i>Tara</i> • Découvrir les différences de température et de salinité sur le trajet 	<ul style="list-style-type: none"> • Statistiques et probabilités : utiliser l'information chiffrée et statistique descriptive 	<ul style="list-style-type: none"> • Chercher • Représenter, <ul style="list-style-type: none"> • Calculer • Raisonner, • Communiquer
Physique - Chimie - tous niveaux			
Comment les différences de température et de salinité relevées par <i>Tara</i> peuvent-elles aider à comprendre la formation de courants marins ?	<ul style="list-style-type: none"> • Découvrir la notion de masse volumique. • Découvrir que la masse volumique de l'eau de mer dépend de la salinité et de la température de l'eau. • Utiliser les notions précédentes pour comprendre un modèle simplifié de la formation des courants marins 	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la masse volumique d'un échantillon. • Mesurer des volumes et des masses pour estimer la composition de mélanges 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. • Choisir, élaborer, justifier un protocole. • Utiliser un modèle et faire preuve d'esprit critique • Effectuer des procédures courantes

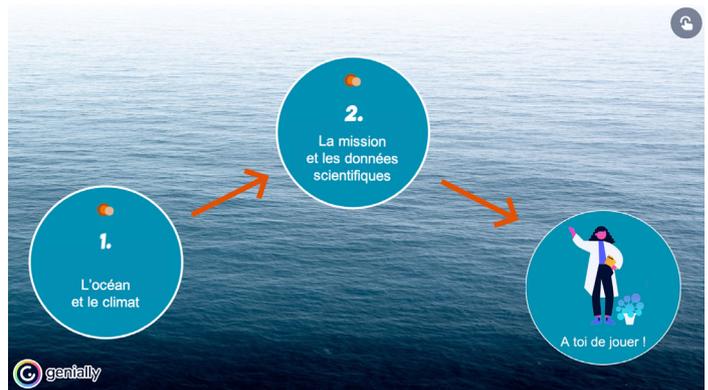
Les activités pédagogiques de ce dossier ont été créées par des enseignants de l'académie de Versailles : Laëtitia Lahaye (mathématiques) et Sylvain Marc (physique-chimie), coordonnés par Françoise Ribola (IA-IPR honoraire de l'académie de Versailles).

Un Genially en préambule des activités pédagogiques

Les activités pédagogiques de ce dossier doivent être précédées de la consultation du Genially, réalisée en autonomie ou en classe.

D'une durée de 30 minutes, le Genially permet aux élèves de se familiariser avec le sujet traité et d'aborder le contexte de l'expédition scientifique qui a permis la collecte des données

Il est scindé en 3 parties, dont vous trouverez le détail dans le tableau ci-dessous, et comprend des quiz qui permettent de vérifier la bonne compréhension des élèves.



Aperçu du Genially ▲

=> [Pour accéder au genially, cliquez sur ce lien.](#)

Activités du Genially	Objectifs
A- L'Océan et le climat	
1. Ecouter l'interview d'un spécialiste du climat →	Comprendre ce qu'est la circulation thermohaline et son rôle sur le climat mondial
2. Découvrir Earth, une cartographie interactive des conditions atmosphériques et océaniques en temps réel →	Découvrir les courants marins à l'échelle mondiale
Quiz sur la circulation océanique →	Vérifier les connaissances
B - L'EXPÉDITION ET LES DONNÉES SCIENTIFIQUES	
3. Découvrir le contexte de la réalisation du kit de données →	Comprendre la problématique et le but de l'expédition <i>Tara oceans</i>
4. Découvrir les moyens de collecte et d'étude durant l'expédition <i>Tara Oceans</i> →	Découvrir les instruments scientifiques utilisés lors de <i>Tara Oceans</i> et l'intérêt de leur utilisation
Quiz sur l'expédition <i>Tara Oceans</i> et les instruments scientifiques →	Vérifier les connaissances
C - À TOI DE JOUER !	
Ecouter le message de la chercheuse →	Comprendre l'intérêt d'étudier le kit de données
Aller plus loin (optionnel) →	Poursuivre la découverte de l'Océan

Variabilité des températures et des salinités enregistrées par la goélette *Tara* lors de l'expédition *Tara Oceans*

Durée : 1h d'exploitation de données en classe

Modalités : En classe entière ou en groupe

Matériel :

- Ordinateur avec tableur et/ou Geogebra
- Internet
- Convertisseur <https://geofree.fr/tab2kml/gotokml.aspx#baspage>

Fichiers :

- Le tableur de données « donnes-lycee-mouvements-ocean »
- Cartes des températures (Figure 2) et des salinités (Figure 3) le long du trajet de la goélette *Tara* lors de l'expédition *Tara Oceans*

Documents à projeter en classe :

- Figure 1 : trajectoire de la goélette *Tara* au cours de l'expédition *Tara Océans*
- Figure 4 : variations de température et salinité au cours de l'expédition *Tara Océans*

Préambule

La goélette *Tara*, au cours de l'expédition *Tara Oceans* a accumulé un très grand nombre de données sur la température et la salinité. Pour permettre aux élèves de bien s'approprier le kit, il est nécessaire de prendre connais-

sance de ces données ainsi que du trajet de la goélette *Tara* (correspondant aux parties a et b). Ensuite, les élèves seront en mesure de mieux comprendre la variabilité de la température et de la salinité dans l'océan.

Comprendre les données fournies

Les élèves vont avoir à leur disposition un fichier de données recensées dans un tableur. Les données TSG sont présentées sous forme de tableaux de plusieurs milliers de lignes.

Afin de simplifier la prise en main de ces données par les élèves, nous les avons divisé en 5 zones géographiques: Océan Atlantique (AtO), Mer Méditerranée (MS), Océan indien (IO), Océan Pacifique (PO), et Mer Rouge (RS).

Chaque région contient 3 onglets :

- un onglet avec l'ensemble des données TSG (exemple : AtO),
- un onglet avec 2000 lignes de données pour faciliter le traitement (exemple : AtO_2000lignes),

• un onglet avec les coordonnées des stations pour cette zone géographique (exemple : AtO_Cord_station). Ces mesures ont été réalisées en continu, le long du parcours de *Tara*.

Remarque : Toutes les stations ne sont pas représentées dans les données TSG. Par ailleurs, certaines lignes sont incomplètes ; il y a la latitude mais pas la longitude (exemple : PO). Il est néanmoins possible de retrouver la zone géographique grâce à la date de la mesure, et en cherchant dans le fichier .kmz Google Earth la localisation du bateau à ce moment -là.

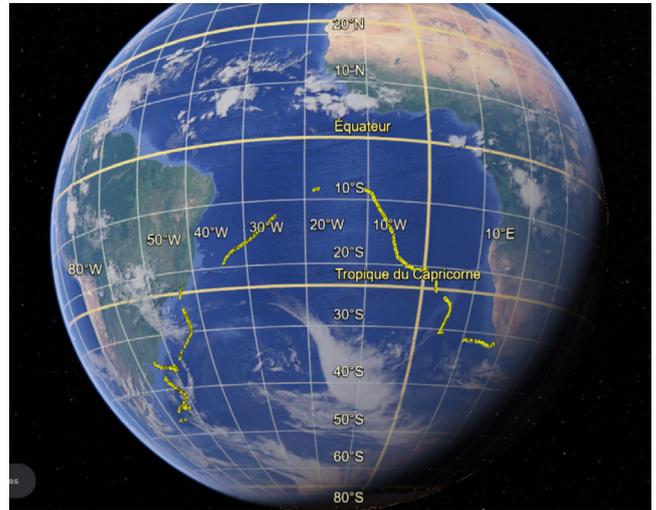
Consignes

a) Représenter la trajectoire de l'expédition Tara Oceans (2009-2013)

Protocole pour représenter la trajectoire de l'expédition Tara Oceans sur Google Earth :

1. Ouvrir le [convertisseur en ligne Geofree](#)
2. A partir des données de l'onglet "2000lignes" du tableau de données « donnees-lycee-mouvements-ocean », sélectionner les colonnes latitude et longitude
3. Copier/ coller ces données dans la zone correspondante du convertisseur
4. Cliquer sur "Formater/ vérifier" les données
5. Donner un nom aux données
6. Créer et télécharger le fichier .kml ou .kmz correspondant
7. Ouvrir le logiciel [Google Earth](#)
8. Cliquer sur « fichier » puis « importer un fichier .kml ou.kmz » depuis l'ordinateur » et cliquer sur le fichier converti précédemment
9. Observer le résultat

Résultat attendu : Exemple de la trajectoire de Tara dans l'Océan Atlantique



▲ Figure 1: trajectoire de Tara au cours de l'expédition Tara Oceans dans la zone OA

b) Traiter les données de température et de salinité de chaque région statistiquement

Dans un premier temps, on constitue 5 groupes d'élèves travaillant chacun sur l'une des zones géographiques.

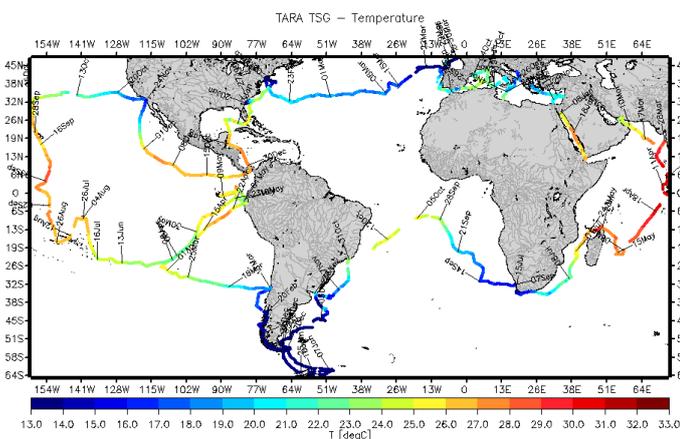
- Tracer, pour chaque zone, un graphique représentant :
 - la température en fonction de la date
 - la salinité en fonction de la date
- Réaliser, pour chaque zone, les calculs de moyennes (journalières, mensuelles...) et écarts-types pour la température et pour la salinité.

Dans un second temps, on regroupe les élèves par groupe de 5 : un élève de chaque zone est représenté dans chaque groupe.

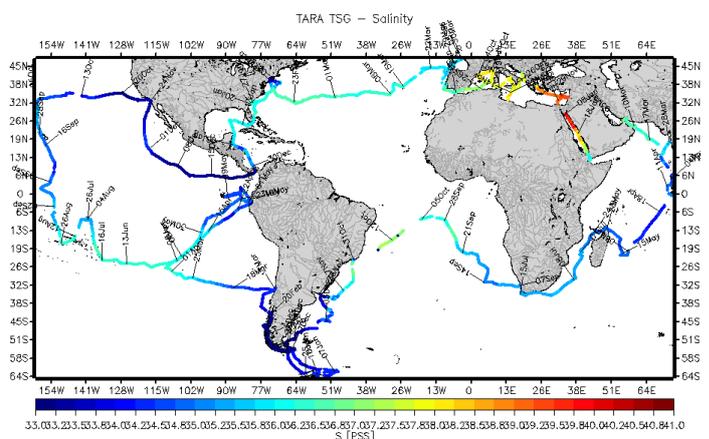
Comparer les résultats de chaque zone afin de mettre en évidence les différences de températures et de salinité :

- selon les zones géographiques
- selon les périodes de l'année
- selon le moment de la journée

Le professeur pourra projeter les figures 1 et 2 pour aider à la mise en commun.



▲ Figure 2: carte représentant les mesures de température le long du trajet de la goélette lors de l'expédition Tara Oceans.

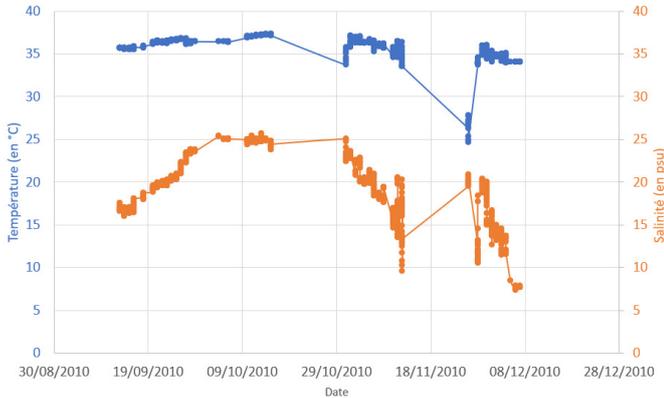


▲ Figure 3: carte représentant les mesures de salinité le long du trajet de la goélette Tara lors de l'expédition Tara Oceans.

Production attendue

- Graphiques de température et de salinité pour chaque groupe. Pour chaque zone, tracer le graphique de la température et de la salinité en fonction du temps (mettre les deux paramètres sur 2 axes des ordonnées distinctes).

Résultat attendu : Exemple de courbes obtenues pour l'Océan Atlantique



▲ Figure 4 : variations de température et salinité au cours de l'expédition Tara Oceans pour la zone OA

- Moyennes et écarts-type pour chaque groupe)

Résultat attendu : Résultats obtenus pour l'océan Atlantique :

	Salinité	Température
Moyenne	35,8	19
Écart type	1,4	4

- Débat oral sur la pertinence des différents indicateurs statistiques et ce qu'ils permettent de démontrer quant aux différences de température et de salinité selon la zone, la période de l'année, etc.

Aide pour le professeur : ce travail peut être réalisé en collaboration avec un professeur de SVT pour interpréter les résultats obtenus.

Comment les différences de température et de salinité relevées par *Tara* peuvent-elles aider à comprendre la formation des courants marins ?

Durée : 1h30 d'expériences et d'exploitation des résultats

Modalités : Séance de travaux pratiques en demi groupe

Matériel :

- Balance
- Éprouvette graduée
- Bécher
- Sel de cuisine
- Colorant alimentaire
- Coupelle de pesée
- Une baguette en verre ou une paille

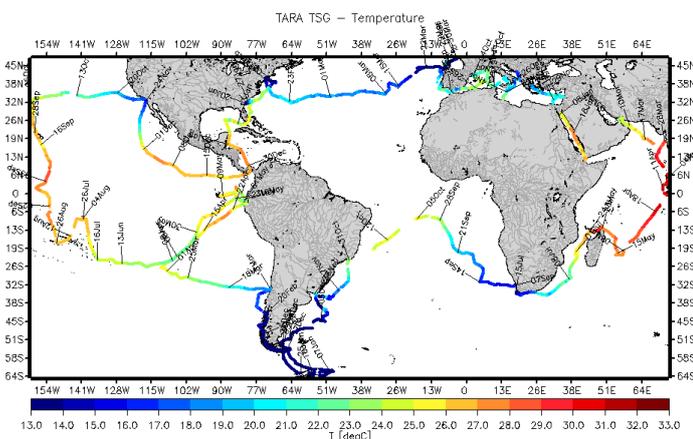
Fichiers :

- Vidéo à projeter pour lancer l'activité et donner une première image d'un courant marin : <https://www.youtube.com/watch?v=JibYcaVPy7E>
- Cartes des températures (Figure 1) et des salinités (Figure 2) le long du trajet de la goélette *Tara* lors de l'expédition *Tara Oceans*
- Figure 3 : schéma de l'expérience
- Figure 4 : coupe verticale des mouvements des courants marins en Atlantique

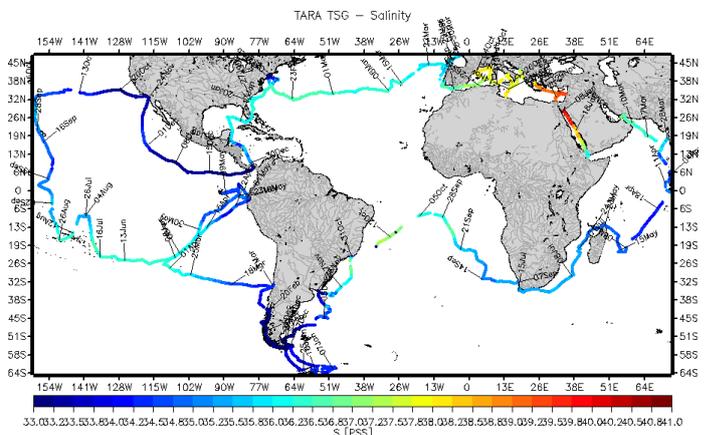
Préambule

Lors des expéditions de la goélette *Tara*, des mesures régulières de la salinité (concentration en sel de l'eau) et de la température de l'eau sont effectuées.

On remarque sur les données récoltées que les valeurs de température (Figure 1) et de salinité (Figure 2) varient d'un endroit à l'autre sur le globe.



▲ Figure 1 : carte représentant les mesures de températures le long du trajet de la goélette *Tara* lors de l'expédition *Tara Oceans*.



▲ Figure 2 : carte représentant les mesures de salinité le long du trajet de la goélette *Tara* lors de l'expédition *Tara Oceans*.

Q1. Ces variations de température et de salinité pourraient-elles avoir un lien avec la formation de courants marins ?

Puisque la salinité et la température varient selon les endroits, explorons l'impact de ces variations sur la masse volu-

mique des eaux et leurs conséquences.
La masse volumique d'un corps est le rapport entre

sa masse « m » et le volume « V » occupé par celui-ci.
Elle se note ρ (Rho) et se calcule avec la relation $\rho = m/V$

Consignes

a) Comment la salinité influence-t-elle la masse volumique de l'eau ?

Chaque groupe dispose du matériel suivant :

- Balance ;
- Éprouvette graduée ;
- Bécher ou un grand verre transparent ;
- Sel de cuisine ;
- Colorant alimentaire ;
- Coupelle de pesée ;
- Une baguette en verre ou une paille.

Avec ce matériel, proposer un protocole pour mesurer la différence de masse volumique entre les eaux plus ou moins salées prélevées.

En discutant avec la classe, retenir quelques protocoles et les tester.

Exemple de protocole à suivre pour valider la relation entre masse volumique et répartition des eaux salées et non salées :

- Mesurer la masse d'une éprouvette graduée
 $m_{\text{Éprouvette}} = \dots\dots\dots$;
- Prélever un volume précis (50 ou 100 mL) d'eau du robinet dans l'éprouvette graduée ;
- Mesurer la masse de l'ensemble « éprouvette-eau »

- $m_{\text{Éprouvette-eau}} = \dots\dots\dots$;
- Calculer la masse de l'eau contenue dans l'éprouvette
 $m_{\text{Eau}} = \dots\dots\dots$;
- Calculer la masse volumique de l'eau ρ_{Eau} .

Faire la même chose avec de l'eau salée.

- Vider le contenu de l'éprouvette dans un bécher ;
- Peser 10 g de sel dans la coupelle de pesée ;
- Introduire le sel dans le bécher contenant l'eau et agiter ;
- Ajouter un colorant alimentaire ;
- Introduire votre eau « salée-colorée » dans l'éprouvette vide ;
- Peser l'ensemble et noter le volume de liquide ;
- Calculer la masse volumique du mélange $\rho_{\text{Mélange}}$.

Q2. Expliquer pourquoi la masse volumique de l'eau a changé. Que peut-on en conclure pour l'eau océanique ?

Réponse attendue : La masse volumique de l'eau des océans et des mers dépend de leur salinité. Plus la salinité est forte, plus la masse volumique est importante.

Q3. La salinité est-elle le seul paramètre à influencer sur la masse volumique de l'eau ?

b) Comment la température influence-t-elle la masse volumique de l'eau ?

Aujourd'hui, on observe que l'océan se réchauffe et que le niveau de la mer monte. Cela pose un problème à l'échelle planétaire car cette élévation du niveau marin pourrait entraîner l'inondation de villes côtières comme Le Havre, New-York ou Jakarta.

Q4. En raisonnant sur la relation mathématique $\rho = m/V$, expliquer si c'est l'eau froide ou l'eau chaude qui possède la plus grande masse volumique.

Protocole à suivre pour valider expérimentalement le raisonnement mathématique ($\rho = m/V$) :

Voir le protocole de l'expérience : <https://fondationtaraocean.org/education/courants-et-temperature/>

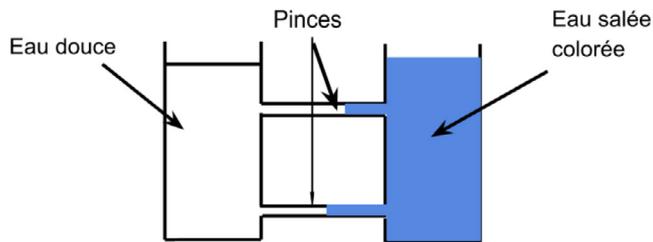
Ou, on étudiera une vidéo de l'expérience : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/tp-thermohaline.xml>

Q5. Décrire puis expliquer le phénomène observé.

Résultat attendu : l'eau de mer froide plonge, sa masse volumique est plus élevée que l'eau chaude.

c) Comment ces variations de masse volumique influencent-elles les masses d'eau océaniques ?

Expérience réalisée par le professeur au bureau pour la classe (ce modèle analogique peut être réalisé par les élèves si l'on possède suffisamment de matériel et de temps).



▲ Figure 3 : schéma de l'expérience

Aide pour le professeur : Ce dispositif peut être utilisé pour montrer l'influence de la salinité et/ ou de la température sur la masse volumique de l'eau et donc, sur les mouvements des masses d'eau que cela implique :

- Influence de la salinité : l'eau colorée est fortement salée
- Influence de la température : l'eau colorée a été préalablement chauffée ou très fortement refroidie (colorée de préférence en rouge pour l'eau chaude et en bleu pour l'eau froide). L'autre récipient sera rempli d'eau douce incolore.

Il est nécessaire de faire varier un seul facteur à la fois (température ou salinité) pour déterminer l'impact de chacun de ces 2 paramètres.

Truc et astuce : il est possible d'utiliser des bouteilles d'eau minérales et des tubes transparents que l'on introduit latéralement et que l'on fixe avec du joint silicone.

Q6. Décrire le dispositif et formuler une hypothèse sur ce

que l'on va observer lorsqu'on enlèvera les pinces.

Enlever les pinces du montage.

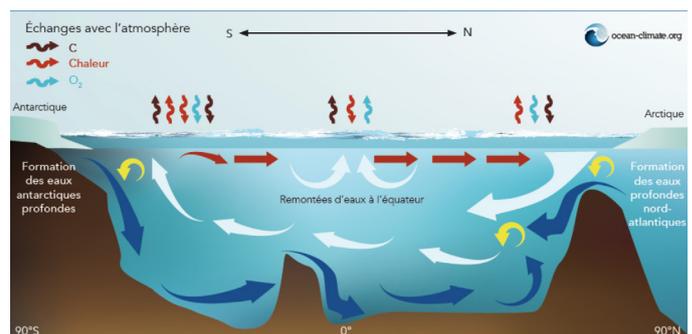
Q7. Observer ce qui se passe au niveau des tuyaux reliant les deux récipients et en déduire ce qui pourrait se passer en réalité.

Rédiger quelques lignes pour expliquer comment peuvent apparaître des courants marins dans les océans. Vous utiliserez notamment les mots : masse volumique, salinité, température.

Aide pour le professeur : on attend en particulier que les élèves observent que les eaux froides et salées glissent sous les eaux plus chaudes et moins salées parce que leur masse volumique est supérieure.

Discuter avec les élèves des limites du dispositif analogique utilisé (petite taille des compartiments utilisés, tuyau, régularité géométrique des récipients...)

Terminer en montrant un schéma modélisant les grandes circulations marines observées (Figure 4).



▲ Figure 4 : Coupe verticale des mouvements des courants chauds de surface et froids en profondeur. Zoom sur l'Atlantique. Source : <https://ocean-climate.org/sensibilisation/la-circulation-oceanique>

Bilan

Les courants marins de surface sont générés par les vents.

Les variations de température et de salinité à la surface de l'océan sont à l'origine de mouvements des masses d'eau depuis la surface vers les profondeurs : les eaux froides et

salées, plus denses (masse volumique plus élevée), vont plonger, tandis que les eaux chaudes moins salées, donc moins denses (masse volumique moins élevée), restent en surface. C'est le moteur de la circulation thermo-haline.