

DU BATEAU



AU LABO

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

Caractéristiques et circulation des masses d'eaux océaniques

Dossier enseignant



COLLÈGE

Physique - Chimie (cycle 4)

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



▲ Goélette Tara (© Sachat Bollet)

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.



Pendant **l'expédition Tara Arctic** (2006-2008), la goélette Tara a traversé l'Océan glacial Arctique en dérivant avec la banquise. Des relevés et des mesures de 3500 m de profondeur (température, salinité) à 2000 m d'altitude (aérosols) ont été réalisées avec l'objectif de nourrir les modèles du GIEC pour tenter de prédire les événements climatiques majeurs en Europe.

◀ **Trajet de l'expédition de Tara Arctic**
(© Fondation Tara Océan)

Problématique



Ce kit vous propose d'étudier les données de température et de salinité issues des mesures réalisées par la goélette *Tara* lors de l'expédition *Tara Arctic*.

Les élèves pourront étudier les différences de température sur le trajet de l'expédition, puis s'interroger sur le rôle que ces différences peuvent avoir sur la formation de courants marins.

La problématique est donc : **Quelles variations de température la goélette *Tara* a-t-elle enregistrées lors de son expédition *Tara Arctic* (2006-2008) et comment peuvent-elles nous aider à comprendre la formation des courants marins ?**

Lien avec les programmes scolaires



Partie et problématique	Objectifs	Programme (BO)	Compétences
Physique - Chimie - Cycle 4			
Partie 1 Comment se déplacent les eaux de surface de l'océan ?	Comprendre les liens entre température, salinité, masse volumique et mouvements des courants marins	<ul style="list-style-type: none"> Proposer et mettre en œuvre un dispositif expérimental pour déterminer une masse volumique d'un liquide. 	<ul style="list-style-type: none"> Extraire les informations pertinentes d'un document et les mettre en relation pour répondre à une question. Exploiter un document constitué de divers supports (texte, schéma, graphique, tableau, algorithme simple). Expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit.
Parties 2 et 3 Comment les données de <i>Tara</i> permettent-elles de comprendre les courants océaniques ?		<ul style="list-style-type: none"> Conservation de la masse, variation du volume, température de changement d'état Masse volumique : relation $m = p.V$, influence de la température 	<ul style="list-style-type: none"> Interpréter un résultat, en tirer une conclusion Utiliser différents modes de représentation formalisés (schéma, dessin, croquis, tableau, graphique, texte).
			<ul style="list-style-type: none"> Proposer, avec l'aide du professeur, une démarche pour résoudre un problème ou répondre à une question de nature scientifique ou technologique.

Les activités pédagogiques de ce dossier ont été créées par Camille Rage (enseignante de physique-chimie de l'académie de Versailles), coordonnée par Françoise Ribola (IA-IPR honoraire de l'académie de Versailles).

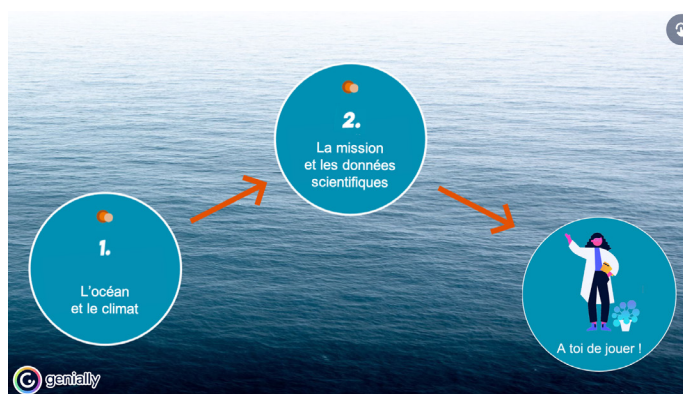
Un Genially en préambule des activités pédagogiques

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.

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



Aperçu du Genially ▲

Activités du Genially		Objectifs
A - L'OCÉAN ET LE CLIMAT		
1. Visionner la vidéo de Lumni sur les courants marins	→	Comprendre ce qu'est la circulation thermohaline et son rôle sur le climat mondial
Quiz sur les courants marins	→	Vérifier les connaissances
B - L'EXPÉDITION ET LES DONNÉES SCIENTIFIQUES		
2. Découvrir le contexte de la réalisation du kit de données	→	Comprendre la problématique environnementale et le but de l'expédition <i>Tara Arctic</i>
3. Découvrir les moyens de collecte et d'étude de l'expédition	→	Découvrir les instruments scientifiques utilisés lors de <i>Tara Arctic</i>
Quiz sur l'expédition Tara Arctic et sur les instruments scientifiques	→	Vérifier les connaissances
C - À TOI DE JOUER !		
Regarder la vidéo d'une chercheuse	→	Comprendre l'intérêt d'étudier le kit de données
Pour aller plus loin (optionnel)	→	Poursuivre la découverte de l'Arctique

PARTIE 1

Comment se déplacent les courants marins de surface dans l'océan Atlantique Nord ?

Durée : 1h

Modalités : En groupe

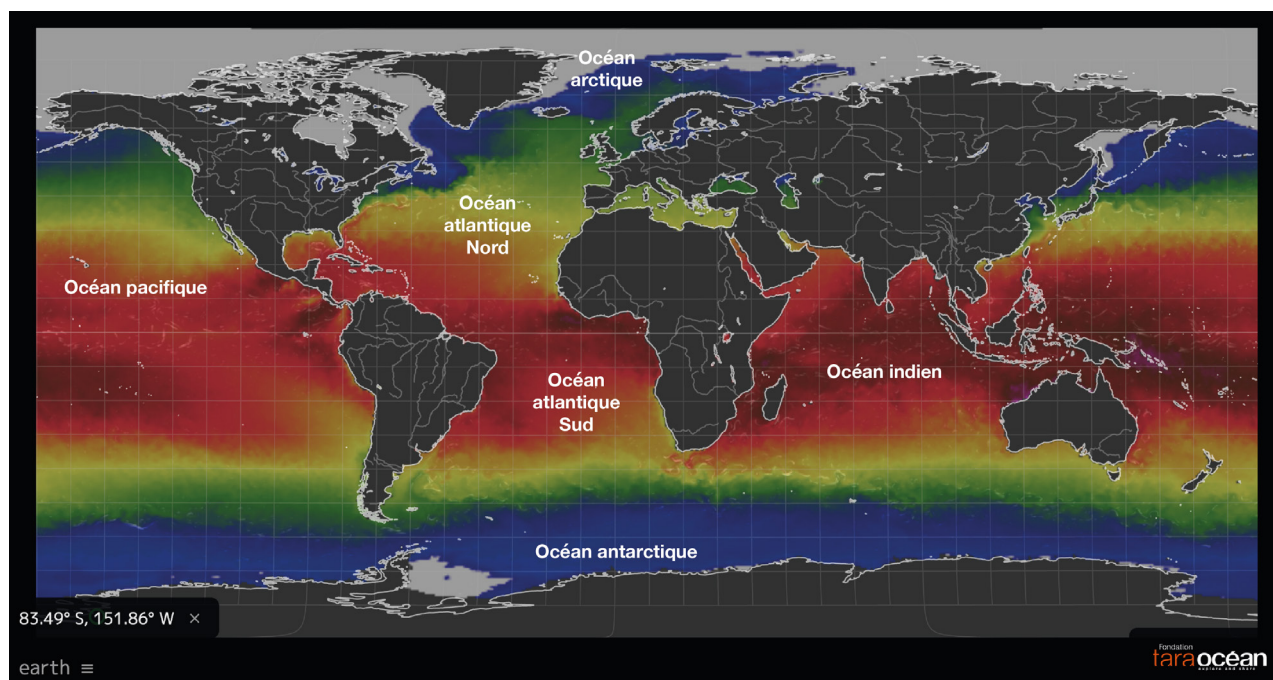
Matériel : Ordinateurs ou tablettes (accès à l'application sur google earth tara.nullschool.net)

Fichiers :

- Tableur de données « *donnees-college-mouvement-ocean* »
- Figure 1 "carte de la circulation océanique mondiale"
- Figure 2 "carte des températures de surface de l'océan mondial"

Consignes

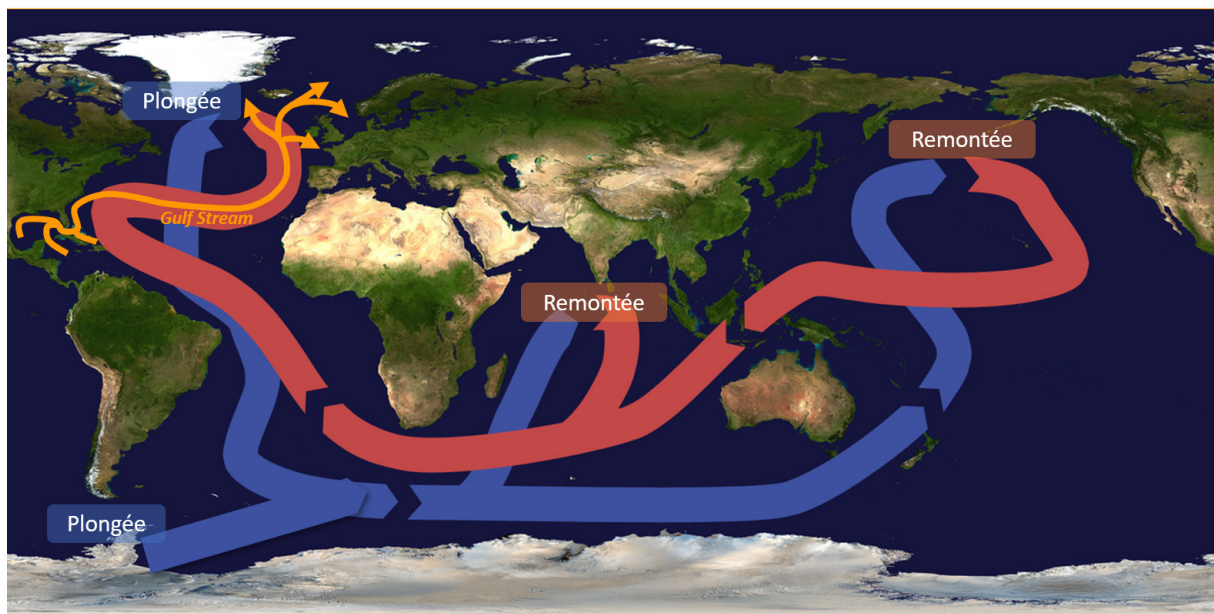
Vous disposez des 2 documents suivants :



▲ **Figure 1 :**

Carte de la température de surface de l'océan (copie d'écran du logiciel Earth). Les différents bassins océaniques sont indiqués, particulièrement la partie nord et la partie sud de l'océan atlantique. Les couleurs représentent les températures de surface de l'océan (du plus froid en bleu, au plus chaud en rouge).

Source: tara.nullschool.net (modifié)



▲ Figure 2 : Carte de la circulation océanique mondiale. Les courants chauds superficiels sont représentés en rouge, les courants froids profonds en bleu. Les zones de plongée et de remontée des eaux sont indiquées. Le Gulf Stream est un courant superficiel poussé par les vents, il est indiqué sur la carte en orange.

Source : [wikimédia \(modifié\)](#)

a - Etude d'un courant de surface : le Gulf Stream

Protocole pour visualiser la carte des températures et des courants de surface de l'océan :

Lien : https://tara.nullschool.net/fr/#current/ocean/surface/currents/overlay=sea_surface_temp/equirectangular=-20.23,-1.09,206/loc=82.606,-29.248

Ouvrir l'application en ligne et effectuer les réglages suivants :

- Mode : Océan
- Animer : Courant
- Couche : TSM (température de surface de l'eau)

Repérer le Gulf Stream.

Q1. Que montre la figure 1 au niveau de la répartition des températures entre l'Islande et l'Europe, comparée à d'autres zones situées aux mêmes latitudes ?

Q2. Repérer les grandes circulations océaniques représentées sur la figure 2 : quelle est la direction du Gulf Stream relevée par les scientifiques et représentée sur la figure 2 ?

Q3. Quel rôle semble jouer le Gulf Stream dans l'atlantique nord ?

Bilan : le Gulf Stream est un courant d'eau chaude superficielle poussée par les vents et qui se déplace des zones tropicales vers les zones arctiques (du sud vers le nord). Les côtes du nord de l'Europe et les eaux arctiques bénéficient ainsi d'un réchauffement inhabituel à ces latitudes.

Aide pour le professeur : les vents sont à l'origine des mouvements des masses d'eaux de surface, notamment du Gulf Stream.

b - Etude des courants océaniques profonds

Préparation de la séance 2 : on peut se demander aux élèves ce que deviennent les eaux chaudes du Gulf Stream lorsqu'elles atteignent l'Arctique.

(voir figure 2)

Est-ce possible ? comment vérifier cette hypothèse ?

Exemple de réponse attendue : les eaux chaudes semblent plonger sous les eaux froides de l'Arctique (voir

PARTIE 2

Comment modéliser les courants océaniques ?

Durée : 1h

Modalités : En groupe

Matériel :

- Ordinateurs ou tablettes
- Verrerie, balances, thermomètres, pipettes, eau chaude, eau froide, colorants bleu et rouge.
- Aquarium, réserve de froid, colorants bleu et rouge, pipettes

Fichiers :

- Matériel du dispositif de modélisation donné dans la vidéo : <https://fondationtaraocean.org/education/courants-et-temperature/>
- Vidéo illustrant la modélisation : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/tp-thermohaline.xml>

Consignes

Échanges avec la classe pour préciser l'hypothèse : les différences de températures (chaudes et froides) peuvent générer des mouvements d'eau à l'origine des courants marins.

1^{ère} partie : par binôme, réaliser une expérience pour vérifier que l'eau froide et l'eau chaude n'ont pas la même densité.

L'élève dispose de 2 tubes à essai remplis d'eau à température ambiante, d'un flacon rempli d'eau chaude colorée en rouge et d'un flacon rempli d'eau froide colorée en bleu.

Q1. Réaliser un schéma de l'expérience et préciser le résultat attendu.

Q2. Réaliser la manipulation. Avec une pipette, verser une goutte d'eau glacée colorée en bleu dans le tube 1. Puis verser une goutte d'eau chaude colorée en rouge dans le tube 2.

Ecrire le résultat obtenu et répondre à la question : l'eau chaude est-elle plus ou moins dense que l'eau froide ?

Aide pour le professeur : Par cette expérience, l'élève peut visualiser le comportement de l'eau froide par rapport à l'eau chaude.

Q3. L'expérience valide-t-elle que les eaux chaudes plongent sous les eaux froides.

2^{ème} partie : au bureau, réaliser une expérience qui modélise la mise en mouvement relatif des eaux chaudes et froides.

Voir le protocole de l'expérience qui sera réalisée

au bureau : <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>

Q4. Décrire les résultats de l'expérience réalisée à l'aide d'un schéma.

Q5. Dites si la différence de températures peut générer un mouvement d'eau.

Q6. Bilan : En observant la Figure 2, compléter les phrases en choisissant les mots parmi le vocabulaire suivant (attention, tous ne seront pas utilisés) : **au fond, en surface, plus dense, moins dense, plonge, remonte, température, masse**

L'eau froide est que l'eau chaude. Elle se retrouve donc de l'océan, tandis que l'eau chaude, se retrouve

Ainsi, au niveau des pôles, l'eau en se refroidissant, et entraîne un mouvement de l'eau. La différence de de l'eau peut être à l'origine des courants marins.

Aide pour le professeur : Dans la plupart de l'océan mondial, la salinité et la température jouent tous deux sur la densité de l'eau. En revanche, en dessous de 4°C (comme c'est le cas en Arctique), c'est la salinité qui joue le plus sur la densité et donc sur les courants marins.

PARTIE 3

En quoi les données de *Tara* révèlent-elles la complexité de la circulation des courants marins ?

Durée : 1h

Modalités : En groupe

Matériel : Ordinateurs ou tablettes

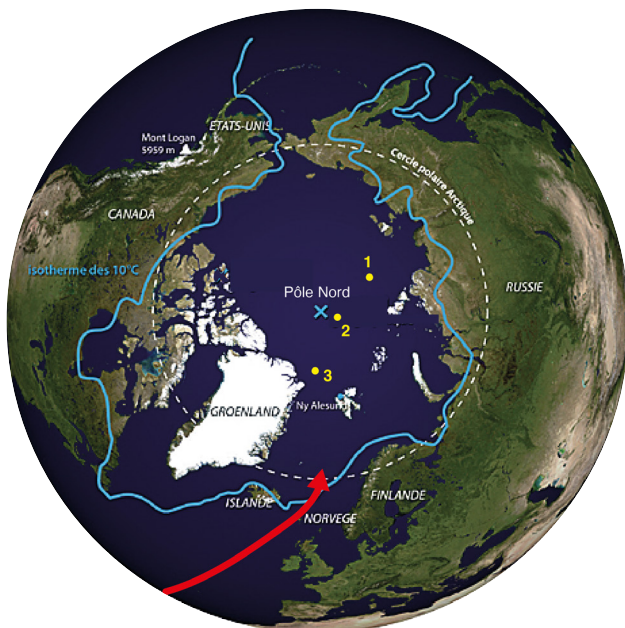
Fichiers :

- Tableur de données « *donnees-college-mouvement-ocean* »
- Figure 3 à projeter aux élèves
- Figures 5 à 7 à distribuer si les élèves n'ont pas la compétence

Consignes

On cherche à savoir si notre expérience de l'aquarium (partie 2) est représentative de ce qu'il se passe dans l'océan Arctique, c'est-à-dire s'il coexiste en Arctique des masses d'eau de températures différentes qui pourraient être à l'origine de courants marins.

Pour cela, nous utiliserons les données collectées par l'expédition *Tara Arctic*. En 2006-2008, la goélette *Tara* a dérivé dans la banquise arctique pendant plus de 500 jours des côtes de la Sibérie au détroit de Fram, près du Groenland, entraînée par le courant de dérive transpolaire. L'équipage a récolté de nombreuses informations sur l'océan, la banquise et l'atmosphère. En particulier, nous allons étudier 3 profils, représentés en jaune sur la figure 3 (carte centrée sur le pôle nord, appelée « projection stéréographique »).

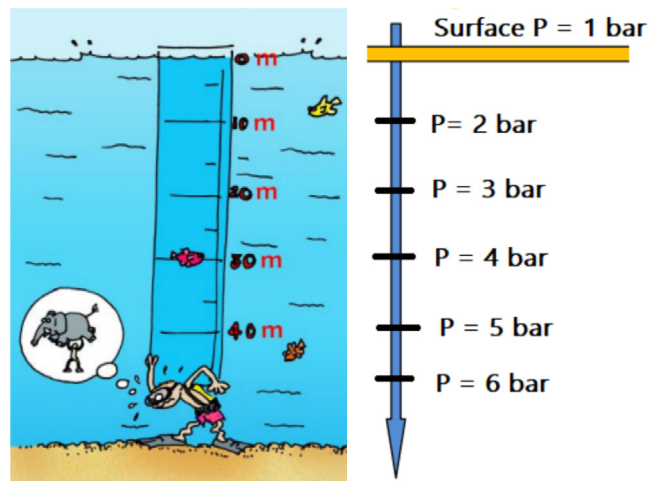


▲ Figure 3 : carte stéréographique de l'Arctique. Le pôle Nord géographique est au centre de la carte (croix bleue). Les profils réalisés sur *Tara* (points jaunes numérotés de 1 à 3) et l'arrivée de l'eau chaude atlantique (flèche rouge) sont indiqués. Modifié d'après <https://www.espace-sciences.org/un-jour-aux-poles/arctique>

Question préparatoire : Nommer les pays qui entourent l'Océan arctique.

En pratique, sur la goélette *Tara*, on ne mesure pas la profondeur mais la pression de l'eau car il y a un lien entre ces deux grandeurs.

La pression de l'eau correspond à la force qu'exerce l'eau en « appuyant » sur une surface (comme celle de notre corps par exemple). Lorsque nous sommes à une grande profondeur, une plus grande quantité d'eau « appuie » sur nous : il y a plus de pression.



▲ Figure 4 : Pression de l'eau en fonction de la profondeur. Source : <https://www.citedelamer.com/wp-content/uploads/2017/11/QUESTIONNAIRE-2de-Pression.pdf>

Q1. À l'aide de la figure 4, indiquer comment varie la pression de l'eau (P) lorsque la profondeur augmente.

Q2. En utilisant les données du tableur « *donnees-college-mouvement-ocean* », tracer la courbe représentant la température de l'eau en fonction de la profondeur pour les 3 profils fournis.

Aide pour le professeur : Répartir les 3 profils à tracer dans la classe. Le professeur peut également tracer une des courbes en direct pour montrer la démarche, puis distribuer les courbes aux élèves s'ils n'ont pas encore appris à tracer une courbe avec un logiciel de traitement de données.

Remarque : l'axe des ordonnées doit être orienté vers le bas pour être représentatif de la structure en profondeur (voir les options de mise en forme de l'axe de données selon le logiciel utilisé).

Q3. Décrire les profils de température obtenus.

Résultat attendu : En Arctique, la température minimale de l'eau enregistrée est en surface : elle peut atteindre $-1,8^{\circ}\text{C}$, température de congélation de l'eau de mer, qui se transforme alors en banquise au contact de l'atmosphère. Plus en profondeur, entre 10 et 40 bar (selon les profils), une masse d'eau a une température plus élevée qui atteint un maximum à $1,5^{\circ}\text{C}$ voire 2°C . Cette masse d'eau est issue de l'une des branches du Gulf Stream (voir figure 2).

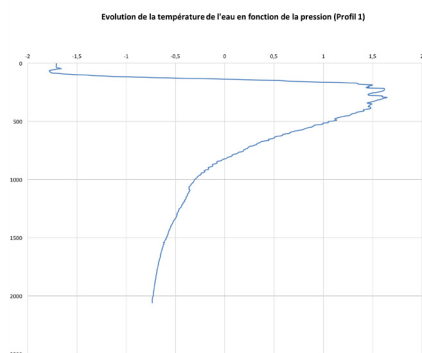
Ensuite, au-delà de 40 bar, l'eau se refroidit progressivement avec la profondeur (jusqu'à $-0,7^{\circ}\text{C}$ vers 200 bar).

Q4. Comparer les profils de température aux résultats de notre expérience de l'aquarium (partie 2).

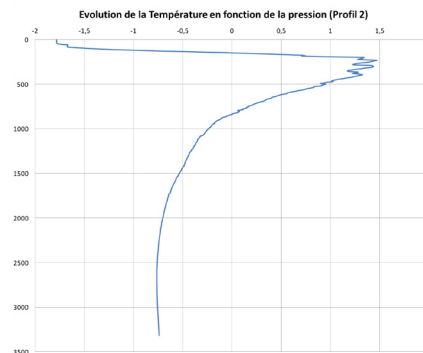
Résultat attendu : La répartition des eaux chaudes et froides à partir de 10 bar est conforme aux résultats de l'expérience (l'eau chaude issue du Gulf Stream, moins dense, est située au-dessus d'une masse d'eau froide). Entre la surface et 10 bar la situation est différente car la couche d'eau froide superficielle proviennent de la fonte de la banquise. La couche d'eau chaude en dessous correspond quant à elle, aux eaux plus chaudes poussées par le Gulf Stream.

Aide pour le professeur : Amener les élèves à s'interroger sur d'autres facteurs que la température qui pourraient influencer la densité de l'eau. Éventuellement, étudier le profil de salinité dans l'onglet « Aller plus loin » pour constater que la couche d'eau froide superficielle est également très peu salée (moins de 31,5 psu contre 34,7 en profondeur).

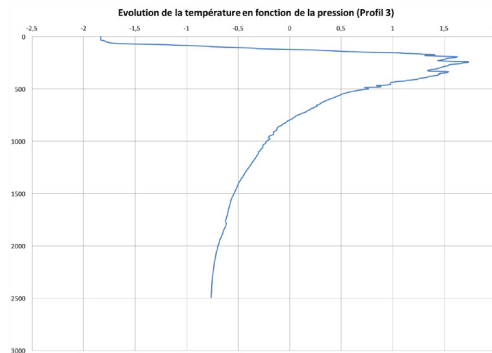
Remarque : Ceci ne confirme pas la mise en mouvement des masses d'eau froides et chaudes mais confirme l'existence de masses d'eau qui ne se mélangent pas facilement et qui sont de densités différentes. C'est un indice « concordant » mais pas une preuve.



▲ Figure 5 : évolution de la température de l'eau en fonction de la pression (profil 1 - Nord Sibérie)



▲ Figure 6 : évolution de la température de l'eau en fonction de la pression (profil 2 - pôle Nord)



▲ Figure 7 : évolution de la température de l'eau en fonction de la pression (profil 3 - bassin de Nansen)

Bilan

Dans l'Atlantique Nord, le Gulf Stream est un courant chaud de surface qui se déplace de l'équateur vers l'océan Arctique sous l'effet du vent. Des courants profonds froids sont créés au niveau des pôles.

La disposition de ces courants chauds en surface et froid en profondeur s'explique en partie par l'influence de la température sur la masse volumique de l'eau.

Contrairement à notre expérience qui montrait que les eaux chaudes étaient en surface et les eaux froides en

profondeur, nous avons vu que la situation était plus complexe en réalité dans l'océan Arctique. En effet, on retrouve une masse d'eau chaude atlantique issue du Gulf Stream en dessous des eaux de surface froides. La circulation océanique globale n'est pas seulement déterminée par la température mais également par un autre paramètre influençant la densité des masses d'eau, il s'agit de la salinité (circulation thermohaline).