Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date: .....

Influence de la température sur la masse volumique

Objectifs	Classe
☐ Masse volumique : relation $m = \rho V$, influence de la température. ☐ L'intérêt de la masse volumique est présenté pour mesurer un volume ou une masse quand on connaît l'autre grandeur mais aussi pour distinguer différents matériaux. ☐ La variation de la masse volumique avec la température permet d'aborder une cause de l'élévation du niveau des mers et océans en lien avec le réchauffement climatique.	3ème
	Durée
	1 h

Le réchauffement climatique a des conséquences sur les îles Salomon. Parmi ses îles paradisiaques, cinq ont déjà totalement disparu à cause de la montée des eaux[1]. **Quelle est l'origine de la montée des eaux ?**

Document 1: Montée des eaux aux îles Salomon

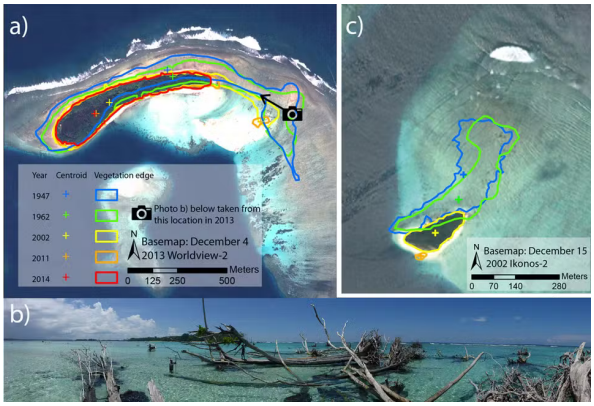

Figure 1: Diminution des îles Sogomou (a et c) et Kale (b) entre 1947 et 2014. Source: IOP SCIENCE

Figure 2: Îles Salomon. Source: Wikipedia

Document 2: Niveau moyen des océans

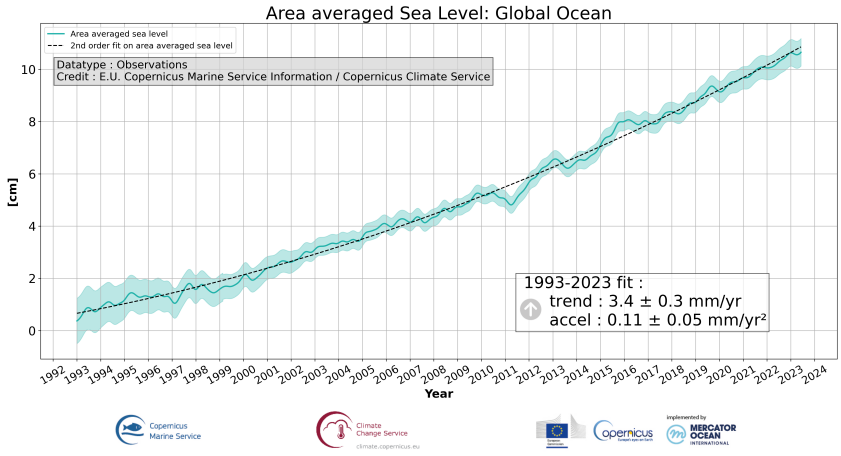

Figure 3: Élévation du niveau moyen des océans au cours des trente dernières années.

1 Observations du phénomène

1. D'après le document 2, de quelle hauteur s'est élevé le niveau moyen des mers et océans entre 1992 et 2023 ? Exprimez le résultat en **cm** puis en **mm**.

> **Solution:** Le niveau moyen des océans est passé de $0{,}5\,\mathrm{cm}$ en 1992 à $11\,\mathrm{cm}$ environ en 2023. Le niveau s'est donc élevé de $10{,}5\,\mathrm{cm}$, soient $105\,\mathrm{mm}$.

2. D'après le document 2, quelle est l'élévation annuelle, en mm/an, du niveau moyen des mers et océans entre 1992 et 2023 ?

> **Solution:** L'élévation moyenne des océans est donc de $10{,}5\,\mathrm{cm}/31\,\mathrm{ans} = 0{,}34\,\mathrm{cm/an} = 3{,}4\,\mathrm{mm/an}$.

3. Pourquoi peut-on affirmer que l'élévation du niveau moyen des mers et océans est un phénomène qui s'accélère ?

> **Solution:** L'élévation moyenne des océans était faible dans les années 90 (pente faible, $3{,}4\,\mathrm{mm/an}$) alors que sur la dernière décennie elle est de $5\,\mathrm{cm}/10\,\mathrm{ans} = 0{,}5\,\mathrm{cm/an} = 5\,\mathrm{mm/an}$. Le phénomène s'accélère.

2 Influence de la température sur la masse volumique

4. Suivre le protocole suivant:

- ☐ Verser l'eau chaude dans le bécher contenant une goutte de colorant rouge.
- ☐ À l'aide de la pipette pasteur, verser quelques millilitres environ d'eau chaude dans un bécher contenant l'eau froide.

5. Noter vos observations.

> **Solution:** L'eau chaude flotte sur l'eau froide.

6. Comparer qualitativement les masses volumiques des deux eaux.

> **Solution:** L'eau chaude a une masse volumique plus faible, ce qui lui permet de flotter sur l'eau froide.

7. Suivre le protocole suivant:

- ☐ Remplir entièrement un tube à essai d'eau.
- ☐ Reboucher à l'aide du petit tube en verre monté sur le bouchon.

[1] https://www.lemonde.fr/planete/article/2016/05/07/changement-climatique-cinq-iles-des-salomon-disparues-sous-les-eaux-du-pacifique_4915360_3244.html

- ☐ Marquer la position initiale du niveau de l'eau dans le tube de faible diamètre.
- ☐ Placer le tube dans un bain marie à 50 °C et le laisser se réchauffer pendant quelques minutes.
- ☐ Sortir le tube et marquer la nouvelle position de l'eau dans le tube à faible diamètre.

8. Comment varie le volume de l'échantillon d'eau en fonction de la température ?

Solution: Le volume d'eau augmente comme en atteste la montée du niveau d'eau dans le tube fin.

9. En quoi le réchauffement global de notre planète participe-t-il à l'élévation du niveau moyen des océans ?

Solution: Le réchauffement climatique réchauffe également les océans dont le volume augmente (dilatation thermique). L'augmentation du volume se traduit par une augmentation du niveau des océans.

10. D'après vos connaissances, quelle autre cause existe-t-il à la montée des eaux ?

Solution: La fonte des glaciers et calottes terrestres (Antarctique, Groenland) sont aussi à l'origine de la montée des océans.

11. Montrer que si le volume de l'eau augmente, alors la masse volumique de l'eau diminue.

Solution: D'après la formule de la masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$, si à masse constante, le volume augmente, alors la masse volumique ρ diminue puisque V est situé au dénominateur.

Au contraire, si la masse volumique diminue alors, à masse constante, l'eau occupe plus d'espace.

3 Étude quantitative

Document 3: Masse volumique en fonction de la température

T (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ρ (kg/m^3)	999,79	999,84	999,88	999,92	999,97	999,92	999,88	999,84	999,79	999,72	999,65	999,55	999,44

Table 1: Masse volumique de l'eau en fonction de la température

Document 4: Les prévisions pour 2100

D'ici 2100, dans le pire des scénarios, la température moyenne de l'atmosphère terrestre pourrait augmenter de 5 °C.

Par ailleurs, le volume des calottes glacières et des glaciers affectés par la fonte due au réchauffement climatique pourrait atteindre $2{,}5000 \times 10^{14}$ m^3.

L'évolution de la température atmosphérique et la fonte des calottes glacières pourraient entraîner une hausse du niveau des océans atteignant près d'un mètre !

Source: d'après un rapport du groupe Intergouvernemental d'Expert du Climat (GIEC), publié en septembre 2013

12. On estime la masse totale des eaux océaniques est à $1{,}4 \times 10^{21}\,\mathrm{kg}$. Cette masse varie-t-elle avec l'élévation de la température ? Justifier.

Solution: Cette masse ne varie pas avec la température, si on émet l'hypothèse que l'eau perdue par évaporation est compensée par les apports des précipitations et fleuves.

13. Calculer le volume des eaux océaniques en 2013 pour une température moyenne des océans de $4\,^\circ\mathrm{C}$. (Donner le résultat en écriture scientifique avec 5 chiffres après la virgule).

Solution: On cherche le volume des océans. On connaît la masse des océans m ainsi que la masse volumique des océans à $4\,^\circ\mathrm{C}$: $\rho(T = 4\,^\circ\mathrm{C}) = 999{,}97\,\mathrm{kg/m^3}$. Cette formule peut se manier comme celle de la vitesse. Isolons le volume dans cette équation:

$$\rho = \frac{m}{\textcircled{V}} \quad \text{on multiplie à gauche et à droite par V}$$

$$\rho \times V = \frac{m \times \cancel{V}}{\cancel{\textcircled{V}}} \quad \text{on simplifie}$$

$$\rho \times \textcircled{V} = m \quad \text{on divise à gauche et à droite par } \rho$$

$$\frac{\cancel{\rho} \times \textcircled{V}}{\cancel{\rho}} = \frac{m}{\rho} \quad \text{on simplifie}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{1{,}4 \times 10^{21}\,\mathrm{kg}}{999{,}72\,\mathrm{kg/m^3}}$$

$$\boxed{V = 1{,}4000 \times 10^{18}\,\mathrm{m^3}}$$

Le volume des océans à $4\,^\circ\mathrm{C}$ est de $1{,}4 \times 10^{18}\,\mathrm{m^3}$.

14. En faisant l'hypothèse que les océans s'échauffent uniformément de $5\,^\circ\mathrm{C}$, calculer le volume des eaux océaniques en 2100. (Donner le résultat en écriture scientifique avec 5 chiffres après la virgule).

Solution: On cherche le volume des océans en 2100. On connaît la masse des océans m ainsi que la masse volumique des océans à $9\,^\circ\mathrm{C}$ (augmentation de la moyenne de $5\,^\circ\mathrm{C}$): $\rho(T = 5\,^\circ\mathrm{C}) = 999{,}97\,\mathrm{kg/m^3}$.

Cette formule peut se manier comme celle de la vitesse. Isolons le volume dans cette équation:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{on multiplie à gauche et à droite par V}$$

$$\rho \times V = \frac{m \times \cancel{V}}{\cancel{V}} \quad \text{on simplifie}$$

$$\rho \times V = m \quad \text{on divise à gauche et à droite par } \rho$$

$$\frac{\cancel{\rho} \times V}{\cancel{\rho}} = \frac{m}{\rho} \quad \text{on simplifie}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{1{,}4 \times 10^{21}\,\text{kg}}{999{,}97\,\text{kg/m}^3}$$

$$\boxed{V = 1{,}4004 \times 10^{18}\,\text{m}^3}$$

Le volume des océans à 9 °C est de $1{,}4004 \times 10^{18}\,\text{m}^3$.

15. Calculer la variation de volume des eaux océaniques entre 2013 et 2100. (Variation liée uniquement à la dilatation de l'eau par élévation de la température)

Solution: La variation volume des eaux océaniques entre 2013 et 2100 est donc:

$$V(2100) - V(2013) = 1{,}4004 \times 10^{18}\,\text{m}^3 - 1{,}4000 \times 10^{18}\,\text{m}^3 = 0{,}0004 \times 10^{18}\,\text{m}^3 = 4{,}0 \times 10^{14}\,\text{m}^3$$

16. Calculer la proportion de l'augmentation de volume dû à la dilatation thermique. Conclure.

Solution: L'augmentation de volume total est la somme des contributions des glaciers et calottes et de la dilatation thermique. La proportion est donc:

$$\frac{V_{\text{dilatation}}}{V_{\text{total}}} = \frac{4 \times 10^{14}\,\text{m}^3}{2{,}5 \times 10^{14}\,\text{m}^3 + 4 \times 10^{14}\,\text{m}^3} = 0{,}62 = 62\,\%$$

La raison principale de l'augmentation des océans est la dilatation thermique.