

**Activité 4 : Comment certains phénomènes contribuent-ils à expliquer l'évolution de la température moyenne à la surface de la Terre ?**

Savoir faire	Savoirs	Validations
- Identifier des relations de causalité. - Interpréter une expérience. - Estimer des variations de grandeurs	Identifier les effets amplificateurs et amortisseurs de l'évolution de la température terrestre moyenne	Compte-rendu [ <b>Teams - Équipe</b> ] Oral [ <b>Équipe</b> ]

Les modélisations du climat indiquent fréquemment des fourchettes de variations possibles. Ces incertitudes sont liées à la complexité du système climatique, avec des **effets amplificateurs ou amortisseurs**.

5 équipes pour traiter des effets :

- Équipe 1 : le rôle de l'hydrosphère
- Équipe 2 : le rôle de l'hydrosphère - Les accros des maths
- Équipe 3 : le rôle de la cryosphère – La banquise
- Équipe 4 : le rôle de la cryosphère – La banquise - Les accros des maths
- Équipe 5 : le rôle de la cryosphère – Le pergélisol
- Équipe 6 : le rôle de la biosphère

Consignes pour tous :

**A. Répondre** aux questions de votre équipe pour **présenter à l'oral** une explication de l'effet climatique de la composante étudiée. *Un support visuel est attendu. Il devra être dans le canal Teams de l'équipe.*

**B. Compléter** le schéma fonctionnel de l'activité 3 avec les informations des différentes équipes.

### Équipe 1 : le rôle de l'hydrosphère

Ressources :

- Document 4 p.55 du livre Hatier
- Site <http://flood.firetree.net/>
- [Dossier 1](#)

Consignes :

1. À partir du document 1, **préciser** l'augmentation de la température en 2018.
2. À l'aide du document 2, **rechercher** les régions du monde les plus sensibles à une augmentation du niveau marin.
3. À partir document 3, calculer l'augmentation du niveau des mers en 2018 et en 2100.
4. **Montrer** que l'océan a un rôle amortisseur du réchauffement climatique à court terme mais qu'à long terme le changement climatique est irréversible.

**Pour expliquer à l'oral :** Sous la forme de votre choix, **expliquer** le rôle de l'hydrosphère au sein du système climatique.

### Équipe 2 : le rôle de l'hydrosphère

**Pour les accros des maths**

Ressources :

- Document 4 p.55 du livre Hatier
- [Dossier 2](#)

Consignes :

1. **Calculer** l'aire totale terrestre.
2. **Calculer** la surface des océans.
3. **Calculer** l'augmentation du niveau des océans par dilatation en 2100.
4. **Montrer** que l'océan a un rôle amortisseur du réchauffement climatique à court terme mais qu'à long terme le changement climatique est irréversible.

**Pour expliquer à l'oral :** Sous la forme de votre choix, **expliquer** le rôle de l'hydrosphère au sein du système climatique.

**Équipe 3 : le rôle de la cryosphère****La banquise**Ressources :

- Documents p.54 du livre Hatier
- [Dossier 3](#)

Consignes :

1. **Expliquer** comment la simulation du document 3 p.54 permet-elle de comprendre ce qu'il se passe sur Terre.
2. **Expliquer** l'influence de la fonte des différents types de glaces sur les variations du niveau marin.
3. **Expliquer** les conséquences de la fonte des glaces sur l'albédo terrestre et la population humaine.
4. **Montrer** que la cryosphère a un rôle amplificateur du réchauffement climatique.

**Pour expliquer à l'oral :** Sous la forme de votre choix, **expliquer** le rôle de la banquise au sein du système climatique.

**Équipe 4 : le rôle de la cryosphère****La banquise - Pour les accros des maths**Ressources :

- Documents p.54 du livre Hatier
- [Dossier 4](#)

Consignes :

1. **Calculer** l'aire totale terrestre.
2. **Calculer** la surface des océans.
3. **Calculer** l'augmentation du niveau des océans liée à la fonte totale des glaces continentales.
4. **Estimer** la durée nécessaire à cette fonte si le rythme actuel est maintenu.
5. **Expliquer** les conséquences de la fonte des glaces sur l'albédo terrestre et la population humaine.
6. **Montrer** que la cryosphère a un rôle amplificateur du réchauffement climatique.

**Pour expliquer à l'oral :** Sous la forme de votre choix, **expliquer** le rôle de la banquise au sein du système climatique.

**Équipe 5 : le rôle de la cryosphère****Le pergélisol**Ressources :

- [Dossier 5](#)

Consignes :

1. **Expliquer** le risque climatique lié à la fonte du pergélisol.
2. **Montrer** que la cryosphère a un rôle amplificateur du réchauffement climatique.

**Pour expliquer à l'oral :** Sous la forme de votre choix, **expliquer** le rôle du pergélisol au sein du système climatique.

**Équipe 6 : le rôle de la biosphère**Ressources :

- Document 5 p.55 du livre Hatier
- [Dossier 6](#)

Consignes :

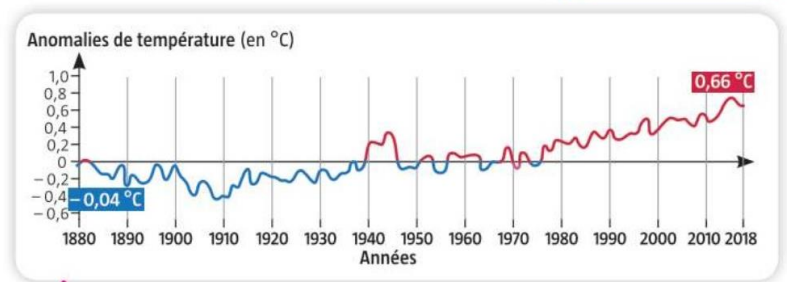
1. **Expliquer** les conséquences d'une végétalisation et d'une déforestation que la température moyenne.
2. **Montrer** que la biosphère a un rôle amortisseur du réchauffement climatique.

**Pour expliquer à l'oral :** Sous la forme de votre choix, **expliquer** le rôle de la végétalisation au sein du système climatique.

## Dossier 1 - Le rôle de l'hydrosphère

### Document 1 : Le rôle des océans - @Magnard

- L'océan, plus froid que l'atmosphère terrestre, absorbe 90 % de l'excès d'énergie accumulée dans le système climatique terrestre.
- Cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.
- L'augmentation de la température de l'atmosphère entraîne l'évaporation d'une partie de la surface des mers et des océans. Elle augmente ainsi la proportion de la vapeur d'eau, un gaz à effet de serre, dans l'atmosphère.



Variations de la température mondiale de l'océan par rapport à la moyenne du XX<sup>e</sup> siècle.

### Document 2 : Utilisation du site flood Firetree

Le site *Flood firetree* permet de visualiser les effets d'une augmentation du niveau marin.

1. Régler l'élévation du niveau marin à 0m puis 1m puis 2m
2. Choisir au besoin l'affichage satellite.

### Document 3 : Les conséquences du réchauffement sur le niveau des océans - @Magnard modifié

D'après le GIEC, d'ici 2100, la température moyenne pourrait augmenter de +5,5°C.

L'augmentation de la température moyenne terrestre favorise une dilatation thermique de l'eau provoquant une augmentation du niveau des océans.

Seuls les premiers 1000m sont soumis à une dilatation thermique, cette zone se nomme thermocline.

En supposant que la surface des océans reste constante, on peut considérer que l'élévation du niveau des mers  $\Delta h$  est donnée par la relation :

$$\Delta h = \alpha \times \Delta T \times h$$

$\alpha$  : coefficient de dilatation ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) =  $2,6 \cdot 10^{-4}$

$h$  : hauteur de l'eau soumise à une dilatation thermique (m)

$\Delta T$  : élévation de température ( $^{\circ}\text{C}$ )

### Document 4 : Interview de Sabrina Speich, océanographe et climatologue @Belin

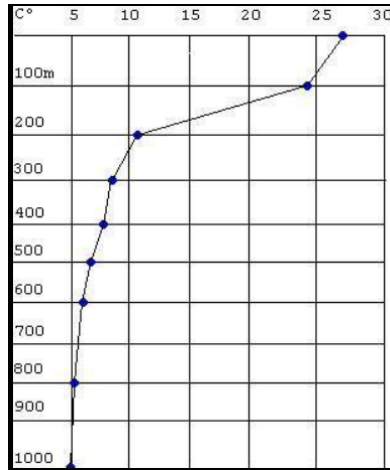
La capacité de l'océan à stocker l'énergie thermique est bien plus efficace (absorption de 93 % de l'excédent d'énergie résultant de l'augmentation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre due aux activités humaines) que celle des continents (3 %) et de l'atmosphère (1 %). Cette capacité thermique élevée de l'océan lui permet de stocker l'essentiel du surplus d'énergie venant du forçage radiatif positif. Ainsi, des mesures de température océaniques collectées sur les 5-6 dernières décennies sur 1 000 à 2 000 m de profondeur montrent que les couches superficielles (les 300-500 premiers mètres) mais aussi les couches profondes de l'océan se réchauffent, notamment au niveau des hautes latitudes. Ce stockage d'énergie thermique a de nombreuses conséquences, par exemple sur la montée des eaux (l'océan se réchauffant se dilate et donc son volume augmente) et sur la circulation des courants océaniques. Comme l'océan est doté d'une inertie thermique importante et d'une dynamique plus lente que l'atmosphère, il mémorise plus longtemps les perturbations qui l'affectent. Ainsi, l'accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.

## Dossier 2 - Le rôle de l'hydrosphère pour les accros des maths

### Document 1 : Le coefficient de dilatation thermique de l'eau @LLS et Wikipedia

Il existe dans les océans une profondeur à partir de laquelle la température de l'eau reste à peu près constante. Au-dessus il existe une zone, nommée thermocline, d'environ 1 000 m de profondeur dans laquelle il existe une possible dilatation thermique.

Température de la thermocline

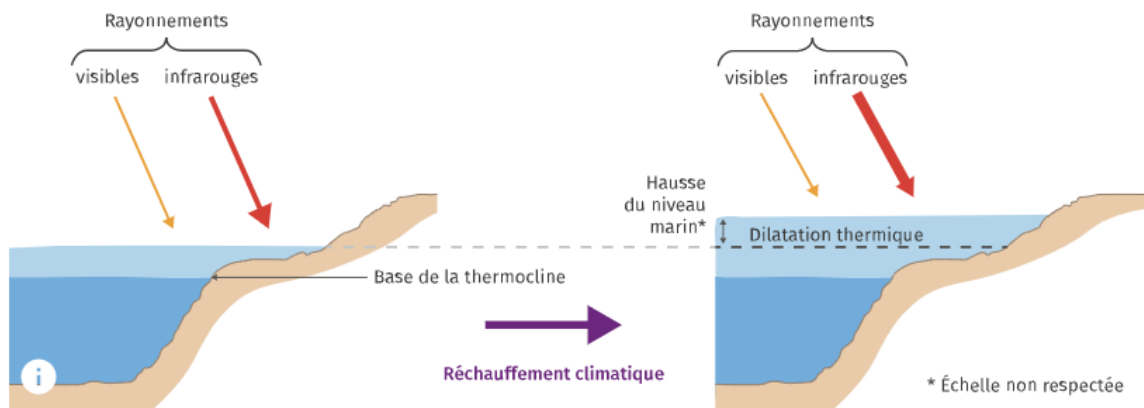


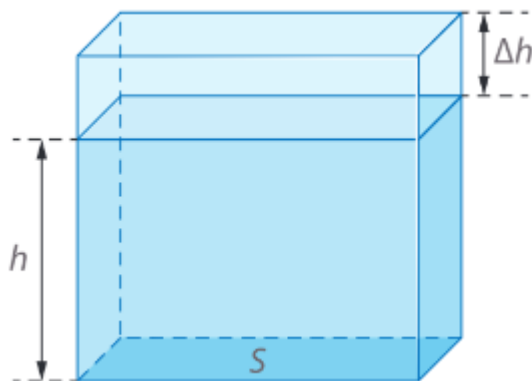
Dans le cas de l'eau pure, le coefficient de dilatation thermique noté  $\alpha$  est de  $2,6 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Cela signifie qu'une augmentation de la température de  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$  pour 1 litre d'eau augmentera son volume de 0,000 26 L, soit 0,26 mL. Ceci peut paraître faible, mais doit être rapporté au volume des océans qui occupent 70 % de la surface du globe.

Formule du coefficient de dilatation thermique de l'eau :

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_i \times \Delta T}$$

$\alpha$  : coefficient de dilatation ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )     $\Delta V$  : variation de volume (L)     $V_i$  : volume initial (L)     $\Delta T$  : variation de température ( $^\circ\text{C}$ )



**Document 2** : Impact du phénomène de dilatation thermique de l'eau sur le niveau des océans @Hatier modifié

D'après le GIEC, d'ici 2100, la température moyenne pourrait augmenter de  $+5,5^{\circ}\text{C}$ .

La surface totale de l'hydrosphère peut être représentée par un parallélépipède rectangle de surface  $S$ .

On estime la hauteur d'eau actuelle sujette à des variations de température correspondant à la thermocline.

Le rayon de la Terre est d'environ 6370 km.

**Document 3** : L'inertie thermique de l'eau @ LLS

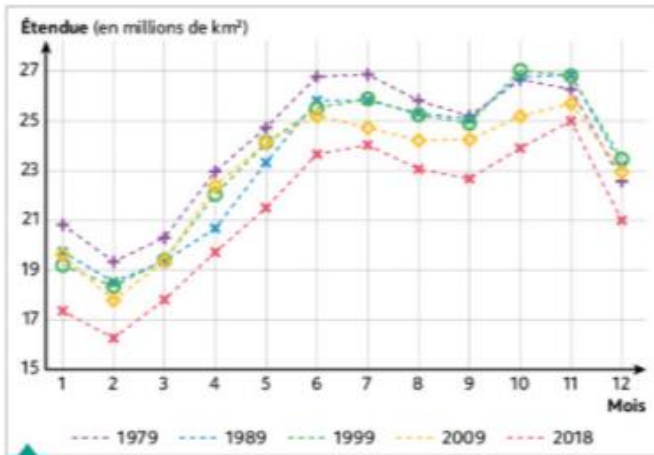
L'eau a une capacité calorifique (ou capacité thermique) quatre fois plus élevée que celle de l'air. Ainsi, lorsque la température de l'eau augmente de  $1^{\circ}\text{C}$ , cela signifie qu'elle a accumulé quatre fois plus d'énergie thermique que l'air. La température de l'eau augmente et diminue ainsi plus lentement que celle de l'air, ce qui a des effets à plus long terme que des variations de température de l'air.

**Document 4** : Interview de Sabrina Speich, océanographe et climatologue @Belin

La capacité thermique élevée de l'océan lui permet de stocker l'essentiel du surplus d'énergie venant du forçage radiatif positif. Ainsi, des mesures de température océaniques collectées sur les 5-6 dernières décennies sur 1 000 à 2 000 m de profondeur montrent que les couches superficielles (les 300-500 premiers mètres) mais aussi les couches profondes de l'océan se réchauffent, notamment au niveau des hautes latitudes. Ce stockage d'énergie thermique a de nombreuses conséquences. Comme l'océan est doté d'une inertie thermique importante et d'une dynamique plus lente que l'atmosphère, il mémorise plus longtemps les perturbations qui l'affectent. Ainsi, l'accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.

## Dossier 3 - Le rôle de la cryosphère - La banquise

**Documents :** Impact de la fonte des glaces sur le niveau des océans - @Nathan

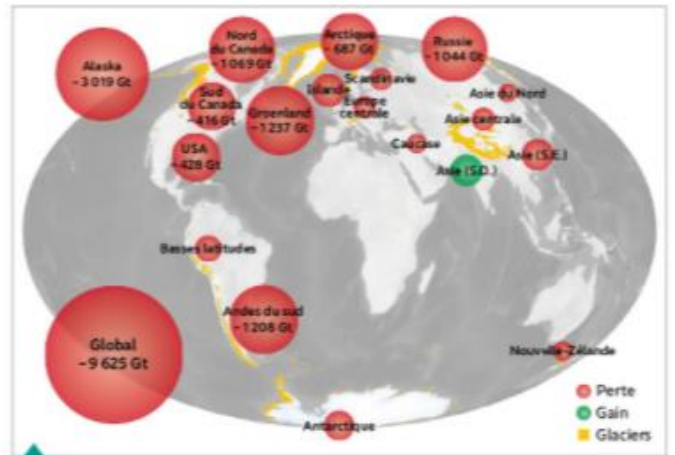


**1 Évolution de la superficie totale des banquises arctique et antarctique de 1979 à 2018**  
La superficie totale des océans est de 361 millions de km<sup>2</sup>.



### VOCABULAIRE

**Glaciers continentaux :** désigne toute glace formée par accumulation de précipitations solidifiées et tassées sur la croûte terrestre. Exemples : calotte polaire, glaciers de montagne.



**2 Évolution de la masse totale de glaciers continentaux entre 1961 et 2016**  
La surface des disques rouges est proportionnelle à la masse perdue. La couleur verte signifie une augmentation de la masse de glaces.

A cause du réchauffement climatique, les glaces fondent. Or 80% de la population de la Terre vit sur les littoraux, à moins de 100m d'altitude.

## Dossier 4 - Le rôle de la cryosphère - La banquise pour les accros des maths

**Document :** La fonte des glaces continentales - @Magnard modifié

A cause du réchauffement climatique, les glaces fondent. Or 80% de la population de la Terre vit sur les littoraux, à moins de 100m d'altitude.

La surface des océans représente 70% de la surface du globe terrestre dont le rayon est de 6370 km.

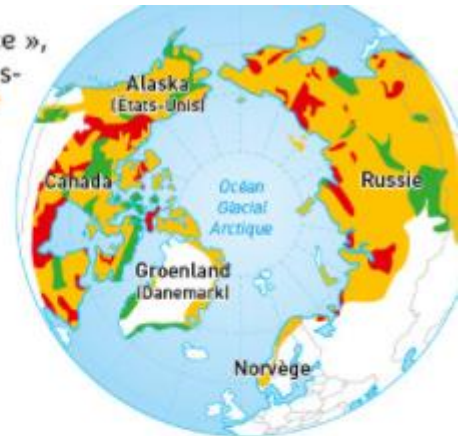
Les glaces continentales ont un volume total d'environ 30 000 000 km<sup>3</sup>. La masse volumique de la glace est 917 kg.m<sup>-3</sup>. 252 milliards de tonnes fondent chaque année.



## Dossier 5 - Le rôle de la cryosphère - Le pergélisol

### Document 1 : La fonte du pergélisol ou permafrost - @Bordas

Le **pergélisol** (ou permafrost), littéralement « sol gelé en permanence », représente 25 % des terres émergées de l'hémisphère Nord (a). Son épaisseur peut atteindre plusieurs centaines de mètres et contient 1 700 Gt\* de carbone d'origine végétale, soit deux fois plus que l'atmosphère. Le réchauffement climatique provoque son dégel partiel d'où des glissements de terrain, une déstabilisation des routes et bâtiments mais surtout l'apparition de thermokarsts (b), cratères remplis d'eau où les bactéries, en décomposant la biomasse, émettent du dioxyde de carbone et du méthane (c).



densité de carbone :  
 ■ de 0,01 à 10 kg·m<sup>-2</sup> ■ de 10,01 à 50 kg·m<sup>-2</sup>  
 ■ plus de 50 kg·m<sup>-2</sup>

(a) Pergélisol dans l'hémisphère Nord et densités de carbone stocké.



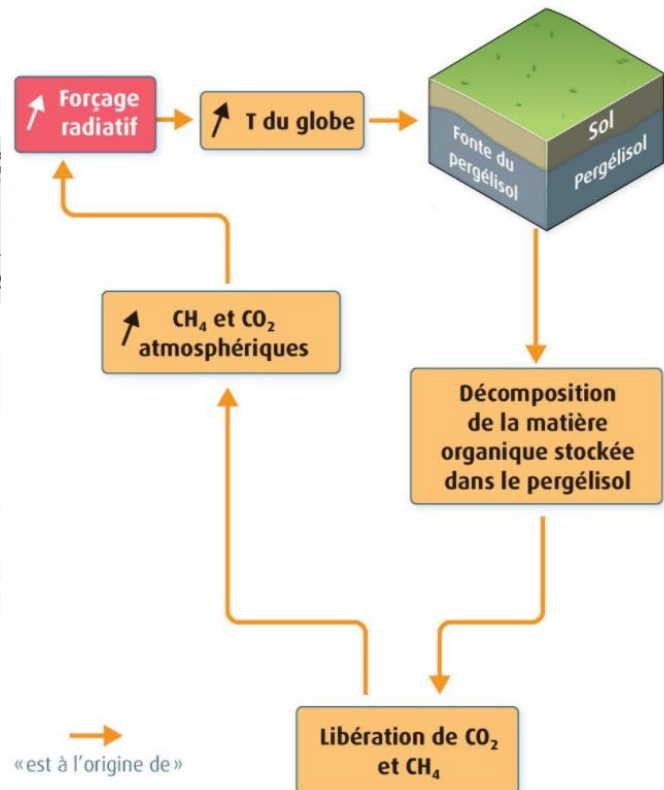
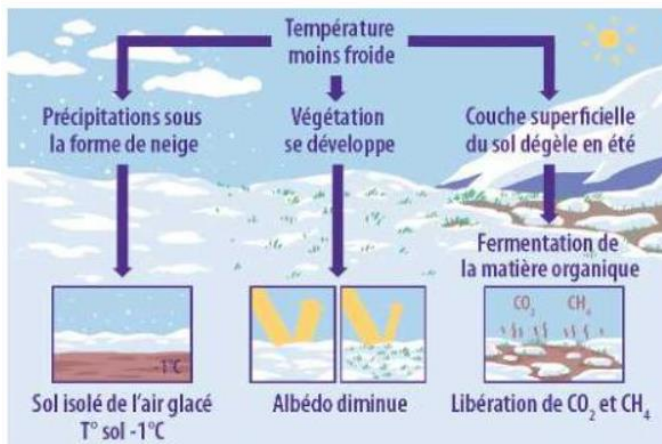
(b) Vue aérienne de thermokarsts.



(c) Bulles de méthane encore piégées sous la glace.

### Document 2 : Pergélisol et régulation du climat - @Hachette et Belin

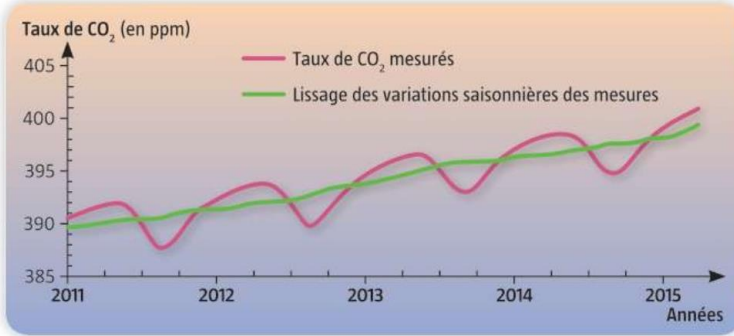
Le pergélisol (ou permafrost en anglais) représente 25 % des terres émergées dans l'hémisphère nord. Il s'agit de sol gelé toute l'année depuis au moins deux ans. C'est le plus gros réservoir de carbone continental de la planète.





## Dossier 6 - Le rôle de la biosphère

### Document 1 : L'effet de la végétation terrestre - @Magnard



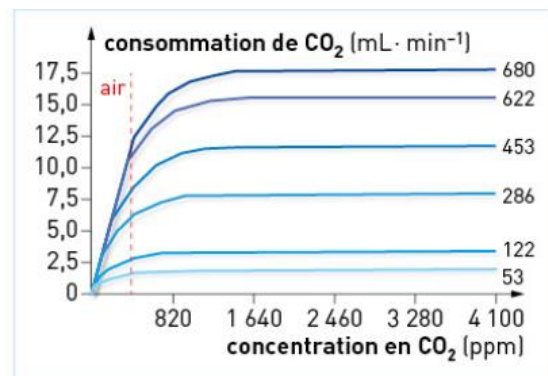
• Les surfaces recouvertes par les végétaux dans l'hémisphère Nord sont plus importantes que celles de l'hémisphère Sud. De ce fait, l'été dans l'hémisphère Nord s'accompagne d'une baisse mondiale du taux de CO<sub>2</sub> émis par rapport à la moyenne annuelle. Ceci est dû à l'absorption du dioxyde de carbone au cours de la photosynthèse.

Variations mensuelles de la concentration atmosphérique mondiale en dioxyde de carbone.

### Document 2 : Photosynthèse et variation foliaire - @Bordas

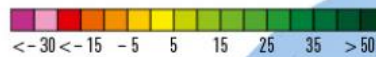
Grâce à la photosynthèse\*, les végétaux utilisent le CO<sub>2</sub> atmosphérique pour produire leur biomasse\*, stockant ainsi une partie de ce carbone dans le bois, les racines mais aussi le sol pour plusieurs dizaines d'années. Ainsi, chaque hectare de forêt tropicale humide contient près de 305 tonnes de carbone. On estime que la végétation mondiale absorbe 25 % de nos émissions de CO<sub>2</sub> par an. L'efficacité de la photosynthèse dépend en partie du taux de CO<sub>2</sub> (a).

Des chercheurs ont évalué l'évolution du nombre de feuilles par mètre carré à l'aide d'observations satellitaires (b) montrant une augmentation de la végétalisation d'environ 18 × 10<sup>8</sup> ha. Cette croissance est due à 70 % à l'effet fertilisant du CO<sub>2</sub> et à 8 % à l'augmentation de la température.



a Efficacité de la photosynthèse en fonction du taux de CO<sub>2</sub> pour différentes puissances solaires (en W · m<sup>-2</sup>).

Cependant, les techniques utilisées ne permettent pas de distinguer les écosystèmes forestiers des agrosystèmes\* dont les capacités de stockage sont inférieures. Sans oublier que la déforestation se poursuit à un rythme de 30 × 10<sup>6</sup> ha · an<sup>-1</sup>.



b Variation de la surface foliaire (en %) de 1982 à 2015. ➤

