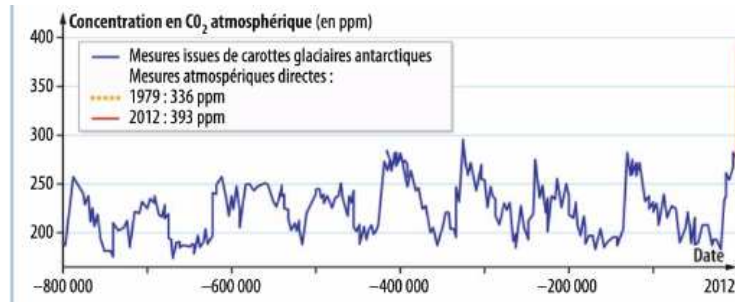
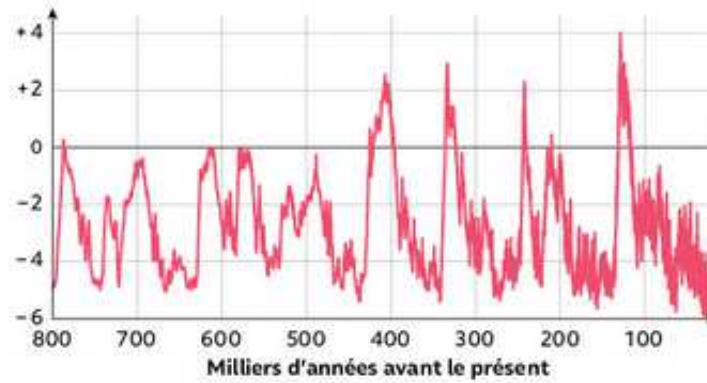


**Groupe 3A : Le rôle du CO<sub>2</sub> et des GES**



Source : NOAA, 2012

**Variation des écarts à la température moyenne et du CO<sub>2</sub> atmosphérique au cours du temps en Antarctique.**

L'étude de la composition des bulles d'air contenues dans les glaces permet de connaître la composition de l'atmosphère à un moment donné. On a ainsi déterminé la teneur en CO<sub>2</sub> atmosphérique sur les 800 000 dernières années en Antarctique.

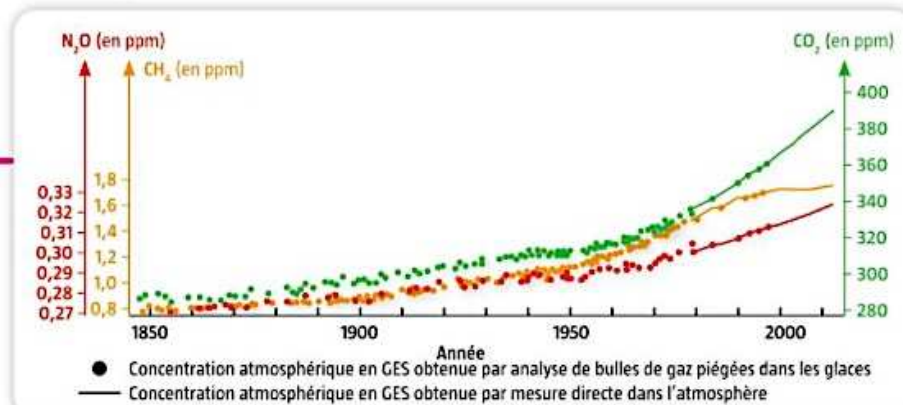
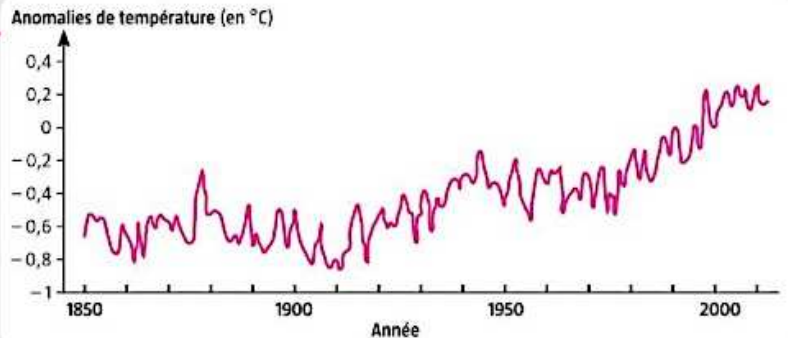
Source : Tle Enseignement scientifique Hachette 2020

**Doc 1 Les gaz à effet de serre et la température mondiale depuis la révolution industrielle**

- Depuis la création du premier réseau de stations météorologiques aux États-Unis en 1849, la température a été repérée régulièrement partout dans le monde. Le réseau de repérage s'étant densifié, nous connaissons les variations de température et de teneur en gaz à effet de serre (GES) sur Terre avec de plus en plus de précision.

Concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre, dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>) et protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) en ppm.

Anomalies de température moyenne en surface, combinant les terres émergées et les océans. Les anomalies sont calculées par rapport à la moyenne de la période 1961-1990.

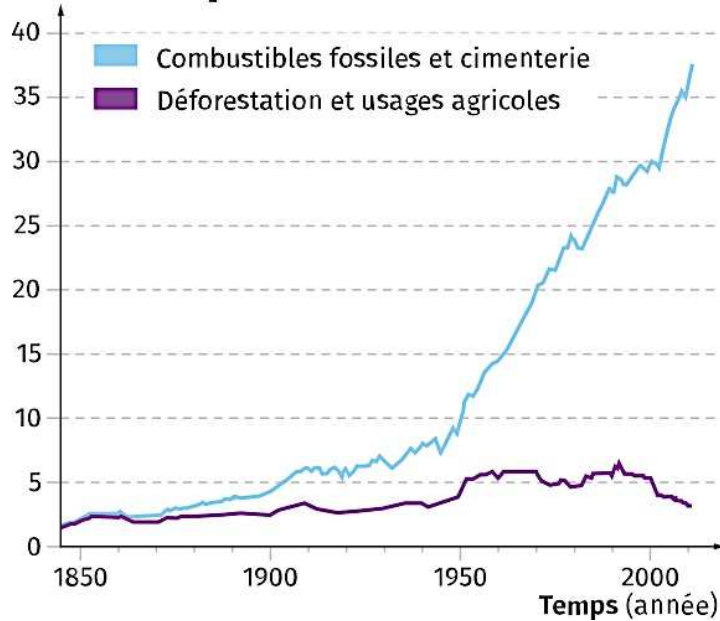


VIDÉO WEB

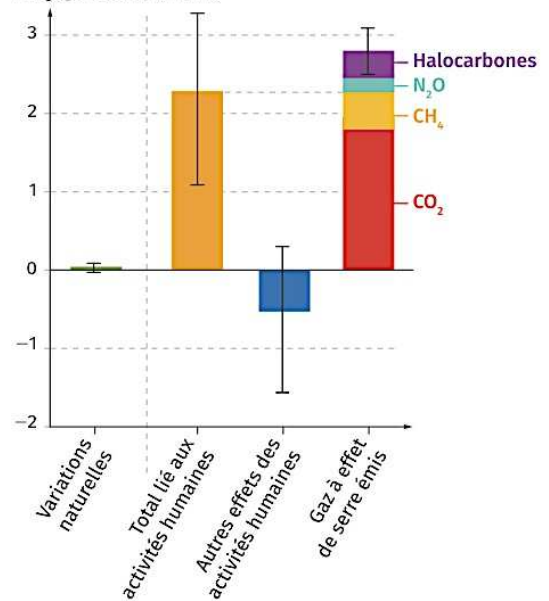
Le CO<sub>2</sub> et le réchauffement climatique  
lienmini.fr/es-tle-c02-08



Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020

Émissions de CO<sub>2</sub> (Gt/an)Doc 2 : Émissions de CO<sub>2</sub> d'origine humaine depuis 1850

Source : Tle Enseignement scientifique LLS 2020

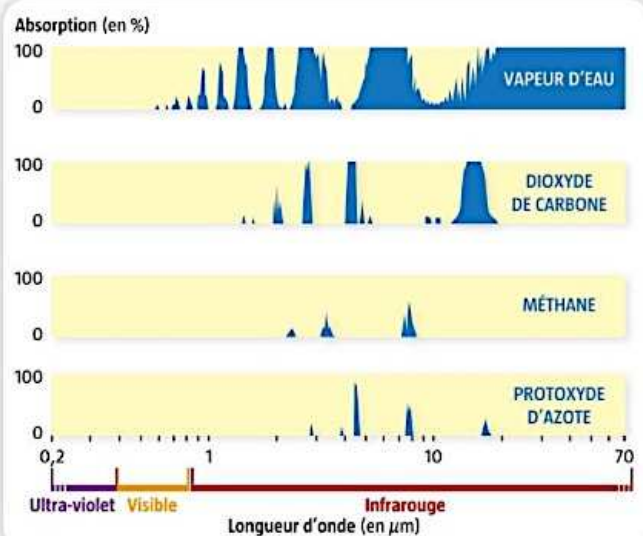
Forçage radiatif (W/m<sup>2</sup>)Doc. 4 : Forçage radiatif pendant l'ère industrielle (Source : 5<sup>e</sup> rapport du GIEC)

Par compilation de données, il est possible d'estimer l'impact des gaz à effet de serre et d'autres gaz sur le bilan radiatif de la Terre par rapport aux valeurs de 1750. Ces gaz sont par exemple les aérosols issus soit des activités humaines, soit d'origine naturelle (éruption volcanique, par exemple). Les barres d'erreur représentent les incertitudes liées aux quantités de gaz à effet de serre émises et leur effet sur le forçage radiatif. Des valeurs positives signifient qu'il y a un forçage radiatif positif, avec davantage de puissance radiative de l'atmosphère vers le sol par rapport à 1750.

## Doc 3 La contribution des principaux gaz à effet de serre au réchauffement de l'atmosphère

- Chaque gaz à effet de serre contribue au réchauffement de l'atmosphère selon :
  - sa concentration dans l'atmosphère ;
  - son « pouvoir de réchauffement global » (PRG), c'est-à-dire l'indice évaluant l'impact d'un kilogramme de ce gaz sur l'effet de serre sur une durée de 100 ans ;
  - sa durée de séjour dans l'atmosphère.
- Par convention, le PRG est fixé à 1 pour le CO<sub>2</sub>.

| Gaz                                       | Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub> | Vapeur d'eau H <sub>2</sub> O | Méthane CH <sub>4</sub> | Protoxyde d'azote N <sub>2</sub> O |
|-------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| PRG                                       | 1                                  | 8                             | 21                      | 310                                |
| Durée de séjour moyenne dans l'atmosphère | 100 ans                            | 8 jours                       | 12 ans                  | 120 ans                            |



Absorption du rayonnement thermique émis par la surface de la Terre, dont le rayonnement infrarouge.

Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020 p.39

Protocole sur ordinateur : CO<sub>2</sub> et climat

Avec le logiciel Simclimat, faire varier le paramètre « émissions anthropiques et CO<sub>2</sub> » et observer les conséquences.

**Groupe 3B : Les glaces**

**Doc 2 La fonte du permafrost**

- L'augmentation de la température entraîne la fonte du permafrost, c'est-à-dire les sols gelés en permanence des régions arctiques. En temps normal, le permafrost piège des éléments carbonés gazeux comme le méthane, produits par la décomposition de matière organique passée.
- Depuis la dernière glaciation, le permafrost, qui représente 25 % des terres émergées de l'hémisphère Nord, a accumulé 1 700 milliards de tonnes de carbone d'origine végétale, soit deux fois plus de carbone que n'en contient actuellement l'atmosphère.



Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020 p.40

**Doc: modélisation de la fonte d'un glacier et de la banquise**

**Protocole:**

**EXPÉRIENCE 1**

**Variation du niveau des océans et fonte des glaces**

- Avec un cristalliseur, de l'eau, une pierre et un bloc de glace d'eau douce, modéliser la fonte des glaciers.
- Avec un second cristalliseur, de l'eau et un bloc de glace d'eau salée, modéliser la fonte des banquises.
- On a les mêmes niveaux d'eau initialement dans les deux cristalliseurs. Repérer les niveaux d'eau après la fonte de chaque bloc de glace.



**FICHE TP**

[lienmini.fr/es-tle-c02-10](https://lienmini.fr/es-tle-c02-10)

**PHOTOS D'EXPÉRIENCE**

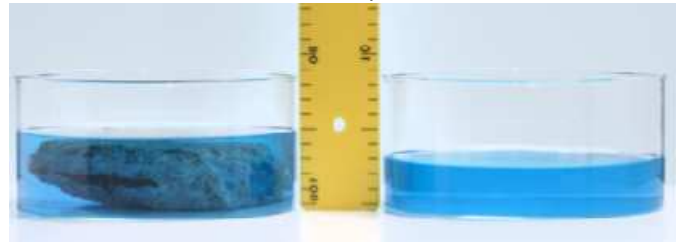
[lienmini.fr/es-tle-c02-11](https://lienmini.fr/es-tle-c02-11)



**Résultats:**



Bloc de glace d'eau douce eau salée  
Début de l'expérience



Fin de l'expérience

Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020

**Doc : Surface des glaces et albédo terrestre** (Source : Tle Enseignement scientifique LLS 2020)

La surface moyenne terrestre recouverte par les glaces serait de  $15 \times 10^6 \text{ km}^2$ , soit un dixième de la surface des continents.

| Type de surface | Glace | Océan    | Forêt    | Moyenne terrestre |
|-----------------|-------|----------|----------|-------------------|
| Albédo          | 0,6   | 0,05-0,1 | 0,05-0,2 | 0,3               |

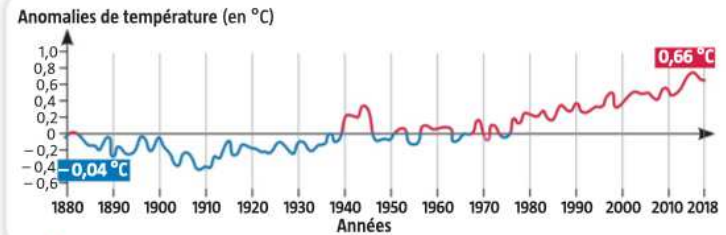
Valeur de l'albédo pour quelques surfaces terrestres

Albédo : capacité d'une surface à réfléchir le rayonnement reçu. La réflexion est totale quand l'albédo vaut 1.

Source : Tle Enseignement scientifique LLS 2020

**Groupe 3C : Les océans****Doc 4 Le rôle des océans****ENJEUX  
DÉBATS**

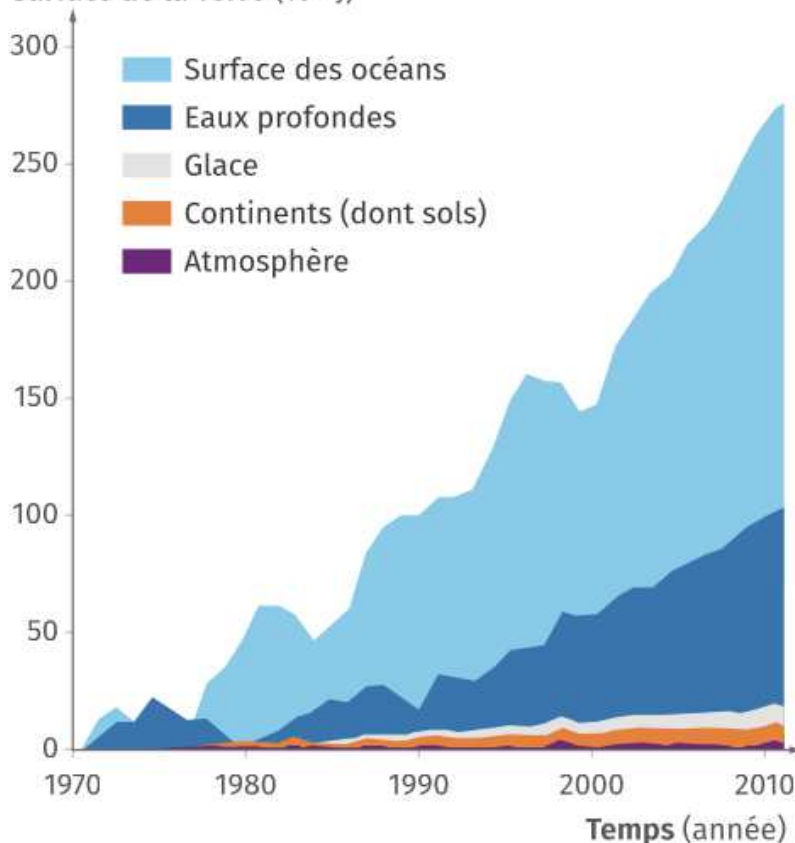
- L'océan, plus froid que l'atmosphère terrestre, absorbe 90 % de l'excès d'énergie accumulée dans le système climatique terrestre.
- Cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.
- L'augmentation de la température 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.

Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020

### Accumulation d'énergie reçue à la surface de la Terre ( $10^{21}$ J)



### Réservoirs et énergie reçue (Source : 5<sup>e</sup> rapport du GIEC)

Le rayonnement reçu par la surface de la Terre correspond à une quantité d'énergie. Les scientifiques ont alors estimé, pour chaque partie étudiée, la quantité d'énergie accumulée depuis 1971, année des premières mesures.

## Doc 5 Les conséquences du réchauffement sur le niveau des océans

- L'augmentation de la température moyenne terrestre de 0,6 °C favorise la **dilatation thermique** de l'eau et la fonte des glaciers, provoquant l'augmentation du niveau des mers.
- Selon les données de Météo France, on estime l'élévation du niveau moyen de la mer à environ 20 cm au cours du XX<sup>e</sup> siècle.
- En supposant que la surface des océans reste constante, on peut considérer que l'élévation du niveau de la mer  $\Delta e$  est donnée par la relation :  $\Delta e = \alpha \times \Delta \theta \times e$  avec  $\alpha$  le coefficient de dilatation thermique de l'eau en °C<sup>-1</sup>,  $\Delta \theta$  l'élévation de la température en °C, et  $e$  l'épaisseur de l'eau en m.



### EXPÉRIENCE 2

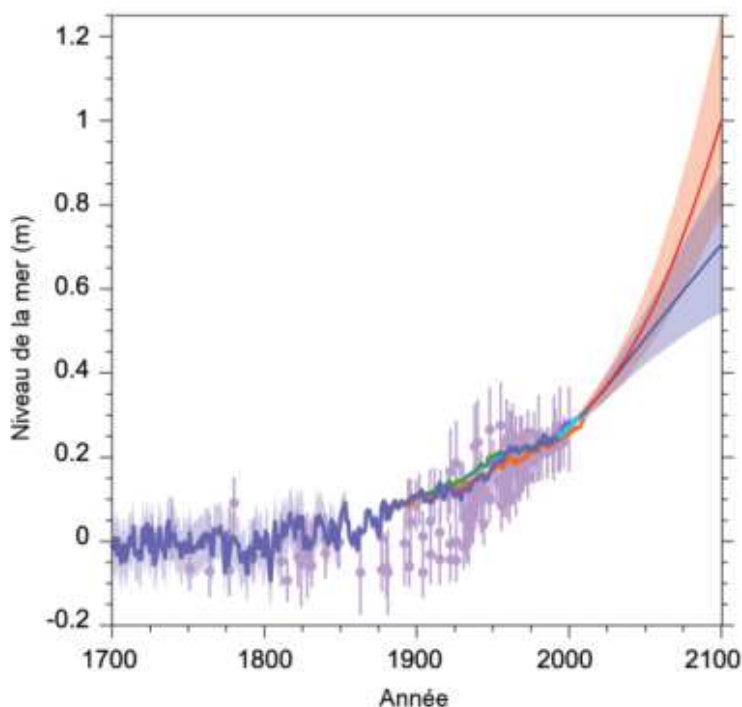
#### La dilatation thermique de l'eau

- Mettre de l'eau dans un ballon dans lequel on a introduit un tube très fin et repérer le niveau de l'eau.
- Chauffer le ballon avec un sèche-cheveux
- Repérer à nouveau le niveau de l'eau.



Résultats : début et fin de l'expérience

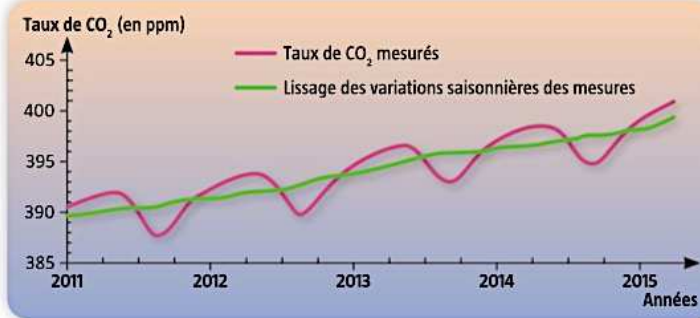
Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020



**Variation du niveau de la mer moyen global.** Ce graphique est issu de la compilation de données et projections du niveau de la mer moyen global : données paléoclimatiques (en violet), données de marégraphes (en bleu, rouge et vert), données altimétriques (en bleu ciel) et estimations médianes et plages probables de projections obtenues à partir de modèles pour les scénarios RCP2.6 (en bleu) et RCP8.5 (rouge). Toutes les valeurs sont relatives aux valeurs préindustrielles et sont exprimées en mètres (d'après la figure AT2-figure2 du résumé technique du rapport du groupe I du GIEC publié en 2013). Source : Météo France

### Travail sur ordinateur : Faire varier le niveau marin avec tectoglob3D

Sur le site de Tectoglob3D : <https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/tectoglob3d/>, il est possible de faire varier le niveau des océans (menu Action > Extras > Variations... puis faire varier le niveau de la mer en bas à droite) et observer le résultat au niveau des côtes.

**Groupe 3D : Le rôle de la végétation****Doc 3 L'effet régulateur de la végétation terrestre**

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  $\text{CO}_2$  émis par rapport à la moyenne annuelle. Ceci est dû à l'absorption du dioxyde de carbone au cours de la photosynthèse.

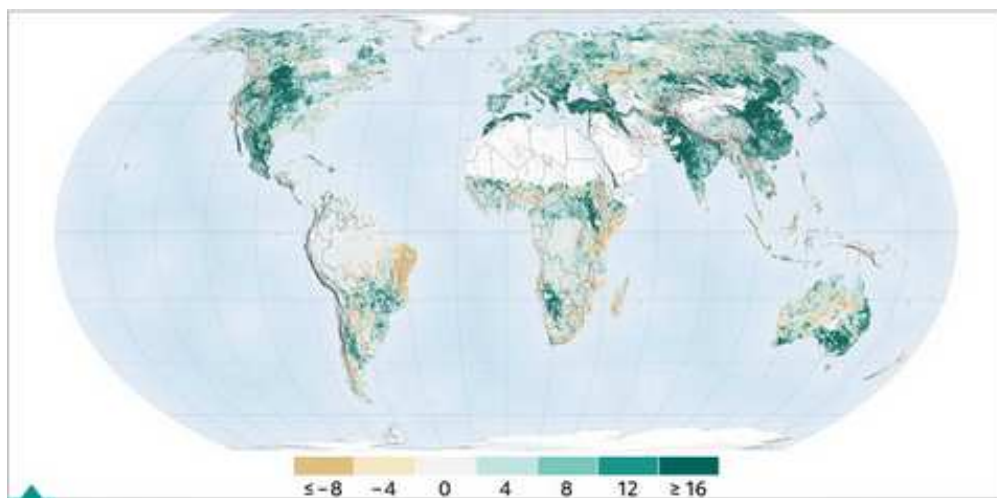
Variations mensuelles de la concentration atmosphérique mondiale en dioxyde de carbone.

Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020

**Doc : Photosynthèse et croissance des plantes.** La photosynthèse séquestre une partie du dioxyde de carbone de l'atmosphère dans la matière organique des végétaux, tant que le végétal est en croissance (forêts en développement). Si la forêt est à l'équilibre, elle ne constitue plus un puits de carbone. Les stocks et flux de carbone relatifs aux forêts et terres cultivées ont été estimés.

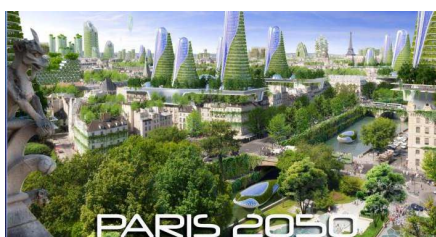
|                      | Stock actuel (en Mt. éq. $\text{CO}_2$ ) | Puits actuel (en Mt. éq. $\text{CO}_2$ ) | Sensibilité au changement climatique (en Mt. éq. $\text{CO}_2$ ) |
|----------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Terres cultivées     | 5 408                                    | -1,4                                     | 848                                                              |
| Forêt métropolitaine | 10 263                                   | 87                                       | 1 314                                                            |
| Forêt guyanaise      | 9 026                                    | 0                                        | 0                                                                |

Données relatives au puits de carbone des végétaux (mars 2019). Source : Tle Enseignement scientifique LLS 2020



**7 Variation en pourcentage par décennie de la surface de feuilles moyenne (entre 2000 et 2017)**

Les observations satellite ont montré que la surface mondiale des feuilles des plantes avait augmenté de 5 % depuis le début des années 2000.



Pour lutter contre le réchauffement climatique, des opérations de reforestation ont été engagées dans différents pays. Ainsi, depuis les 5 dernières années, 33 millions d'arbres ont été plantés en Chine. Certains pays pulvérisent même des records : 67 millions d'arbres plantés en 12h en Inde en 2017 ! De même, de nombreuses métropoles lancent des campagnes de végétalisation des zones urbaines. Ci-contre : un projet de végétalisation de Paris pour 2050 par l'architecte Vincent Callebaut.

**Des effets modérateurs sur l'évolution de la température** (Source : Tle Enseignement scientifique Hatier 2020)

**Travail sur ordinateur : végétation et climat**

Avec le logiciel Simclimat, faire varier le paramètre lié à la végétation et observer les conséquences.