# LSSE2. Le bilan radiatif terrestre.

## Sommaire

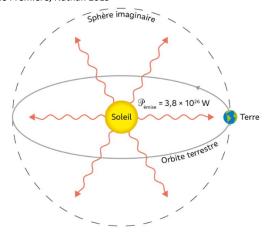
En commun. Calculs à réaliser pour arriver à la puissance solaire reçue par la Terre. Docs	1
<mark>et 2.</mark>	1
En commun. Puissance solaire reçue et éloignement au Soleil. Document 3	1
Groupe 1 (oral). Albédo, rayonnement solaire et rayonnement terrestre. Documents 4 à à	<mark>8.</mark> 2
Groupe 2 (oral). Atmosphère, gaz à effet de serre (GES) et infrarouges (IR). Documents 9	à
<mark>13bis.</mark>	5
Bilan classe. Explication du schéma à l'aide des connaissances acquises et notion	
d'équilibre thermique. Documents 14 et 15.	0
Groupe 3 (oral). Les températures lunaire et terrestre. La rupture actuelle de l'équilibre	
thermique terrestre. Documents 16 à 19	9

# En commun. Calculs à réaliser pour arriver à la puissance solaire reçue par la Terre. Docs 1 et 2. Document 1. Répartition isotrope du rayonnement solaire.

D'après Enseignement scientifique Première, Nathan 2019

Le Soleil, de rayon 700 000 km, émet un rayonnement qui ne se dissipe pas lors de sa propagation dans l'espace qui est vide.

A une distance donnée du centre du Soleil, la puissance reçue de la part du Soleil se trouve répartie de manière homogène sur une sphère de rayon égal à cette distance.



### Document 2. Modélisation du rayonnement solaire reçu par la surface de la Terre.

D'après Enseignement scientifique Première, Nathan 2019

Un globe terrestre est éclairé par des rayons parallèles entre eux modélisant l'éclairement du Soleil. L'ombre portée a la forme d'un disque dont le rayon est celui de la boule.

- Calculer l'aire de la sphère ayant pour centre le Soleil et pour rayon la distance Terre-Soleil R =  $150 \times 10^9$  m. On rappelle la formule de l'aire d'une sphère :  $4\pi R^2$ . Réponse en  $m^2$ .
- Déterminer la puissance reçue par mètre carré de la part du Soleil à 150 millions de kilomètres du Soleil (puisque la Terre tourne sur elle-même, la puissance qu'elle reçoit se répartit intégralement sur toute sa surface, c'est-à-dire sur une sphère). Réponse en W.m<sup>-2</sup>.
- En **déduire** l'aire du disque non éclairé du document 2 en utilisant le rayon de la Terre r=6380 km. On rappelle la formule de l'aire d'un disque :  $\pi r^2$ . Réponse en  $m^2$ .
- Calculer la puissance des rayons émis par le Soleil (en W) et interceptés par la Terre et son atmosphère.
- Déterminer le pourcentage d'énergie émise par le Soleil reçue par la Terre.
- Calculer la valeur de la puissance solaire moyenne reçue sur une surface d'un mètre carré de la sphère terrestre. *Réponse en W.m*<sup>-2</sup>.

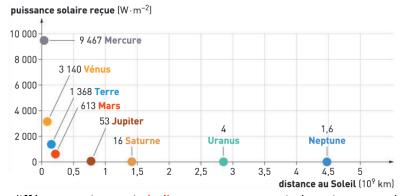


## En commun. Puissance solaire reçue et éloignement au Soleil. Document 3.

### Document 3. La relation entre distance et puissance solaire reçue.

D'après Enseignement scientifique Première, Bordas 2019

La figure ci-dessous indique les puissances solaires reçues par les huit planètes du système solaire, en fonction de leur distance au Soleil.



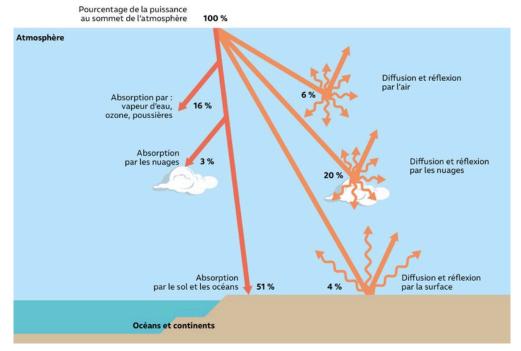
- Relier les différents points puis indiquer comment varie la puissance solaire reçue par les différentes planètes du système solaire.
- Expliquer les résultats grâce aux calculs de la page 1 (il n'est pas demandé de calculs ici).

#### Groupe 1 (oral). Albédo, rayonnement solaire et rayonnement terrestre. Documents 4 à 8.

Document 4. Pourcentage des puissances solaires absorbées, diffusées et réfléchies par la Terre et son atmosphère.

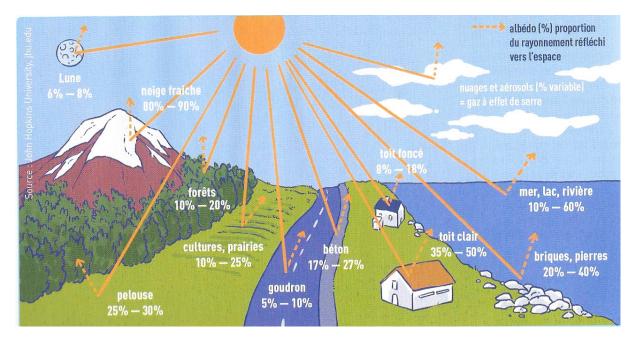
D'après Enseignement scientifique Première, Nathan 2019

L'albédo « A » est le quotient de la puissance solaire diffusée et réfléchie par une surface, par la puissance solaire reçue par cette surface soit  $A = \frac{puissance\ solaire\ diffusée\ et\ réfléchie}{puissance\ solaire\ reçue}$  C'est un nombre sans unité compris entre 0 et 1 (ou qui peut être exprimé en pourcentage). L'albédo terrestre moyen est A = 0,3.



Document 5. Des rayons en partie réfléchis : l'effet d'albédo.

D'après Enseignement scientifique Première, Hachette Éducation 2019

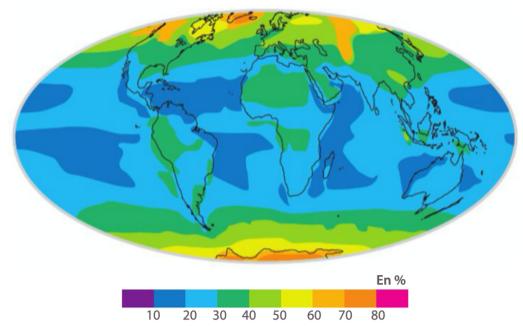


#### Document 6. Un paramètre climatique important.

D'après Enseignement scientifique Première, Hatier 2019

L'albédo permet d'évaluer la fraction de la puissance du rayonnement solaire transmis vers le sol. Plus l'albédo est faible, plus cette puissance est importante, ce qui provoque un échauffement plus important de la Terre.

L'illustration ci-dessous, obtenue à partir d'une image satellite, montre que l'albédo varie suivant la zone géographique considérée.



Moyenne annuelle de l'albédo terrestre, exprimée en pourcentage.

## Pistes d'exploitation de la première partie

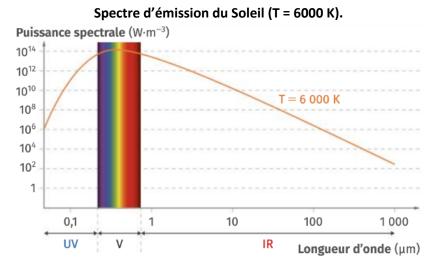
- Définir l'albédo pour vos camarades.
- Retrouver par un calcul la valeur moyenne A = 0,3 pour l'albédo terrestre (document 4).
- **Émettre** une hypothèse sur le devenir des rayons lumineux qui ne sont pas renvoyés vers l'espace (document 4).
- Comparer les albédos des différentes surfaces. Relier l'albédo à la couleur des surfaces (autrement dit, quelles surfaces ont un albédo faible/ élevé). Document 5.
- Exploiter la carte pour déterminer les zones à faible/ fort albédo à l'échelle du globe (document 6).

#### Document 7. Caractéristiques du rayonnement solaire.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019

La loi de Planck met en relation le spectre du rayonnement d'un corps et la température du corps considéré (voir chapitre LSSE1, fait en SPC). De même, la loi de Wien montre que le spectre d'émission d'un corps noir admet un maximum d'émission à un  $\lambda$  max ( $\lambda$  = longueur d'onde).

En application de ces lois, le spectre du rayonnement du Soleil, assimilé à un corps noir à une température de 6 000 K, présente un maximum d'émission dans le visible :  $\lambda$ max = 0,48  $\mu$ m.



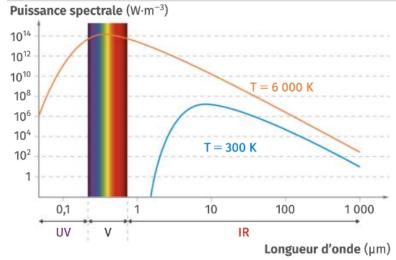
UV: rayonnement ultra-violet, V: rayonnement visible, IR: rayonnement infrarouge.

## Document 8. La loi de Wien et la puissance spectrale terrestre.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019

La loi de Wien appliquée à la Terre, assimilée à un corps noir à une température de 300 K, établit que son spectre d'émission admet un maximum  $\lambda$ max = 9,66  $\mu$ m.

Superposition des spectres d'émission du Soleil (T = 6 000 K) et de la Terre (T = 300 K).



UV : rayonnement ultraviolet, V : rayonnement visible, IR : rayonnement infrarouge.

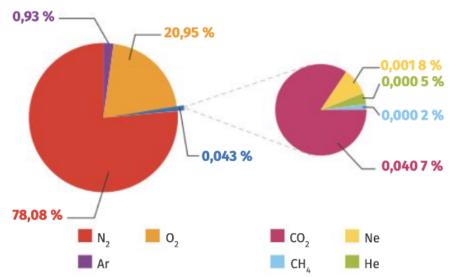
#### Pistes d'exploitation de la deuxième partie

- **Décrire** le spectre d'émission du Soleil en analysant la puissance émise dans les trois domaines de longueurs d'onde mentionnés (UV, visible et IR).
- **Réaliser** le même travail pour la Terre. **Préciser** si ce rayonnement est visible par l'œil humain.

### Groupe 2 (oral). Atmosphère, gaz à effet de serre (GES) et infrarouges (IR). Documents 9 à 13bis.

#### Document 9. Composition volumique de l'atmosphère.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019



La vapeur d'eau est un gaz non représenté sur ce graphique car en proportion très variable dans l'atmosphère.

La limite supérieure de l'atmosphère est de 100 km (au-dessus de cette limite, les gaz sont si raréfiés qu'ils ne sont plus mélangés de manière homogène). Cependant, 99 % de la masse de l'atmosphère se concentre entre 0 et 30 km.

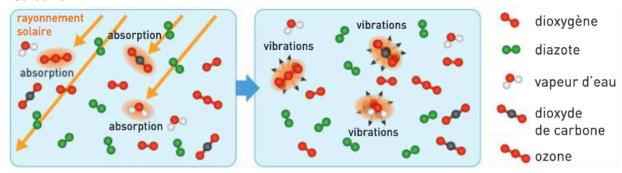
#### Piste d'exploitation

- **Donner** la composition de l'atmosphère par ordre décroissant (**penser** à l'écrire) et en **donner** la limite supérieure.

### Document 10. L'atmosphère absorbe une partie de la puissance solaire reçue.

D'après Enseignement scientifique Première, Bordas 2019

Lorsque le rayonnement solaire traverse l'atmosphère, une partie des photons incidents est absorbée par les molécules de gaz qui y sont présentes. Ces molécules voient alors leur énergie augmenter : elles vibrent et s'agitent plus rapidement. Au niveau macroscopique, l'atmosphère se réchauffe.



## Piste d'exploitation

- **Déterminer** une propriété de l'atmosphère. **Indiquer** quelles sont les molécules qui absorbent les photons incidents et qui vibrent, réchauffant l'atmosphère.

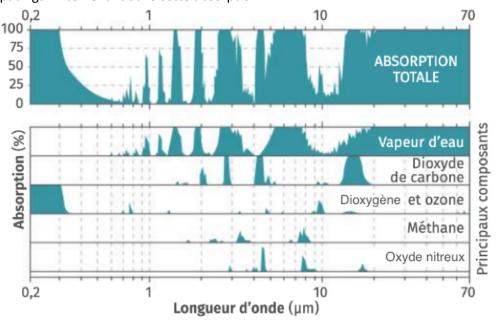
#### Document 11. Propriétés des gaz de l'atmosphère.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019

Parmi les gaz atmosphériques, les gaz les plus représentés, à savoir le diazote  $(N_2)$  et le dioxygène  $(O_2)$  sont des gaz biatomiques et symétriques qui peuvent être considérés comme neutres vis-à-vis des rayonnements émis par le Soleil. Les molécules non-symétriques, qui ne représentent que 1,04 % des gaz atmosphériques, présentent la capacité d'absorber les rayonnements de différentes longueurs d'ondes.

## Absorption par l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde.

Sous la courbe d'absorption totale de l'atmosphère sont détaillées les courbes d'absorption des principaux gaz intervenant dans cette absorption.



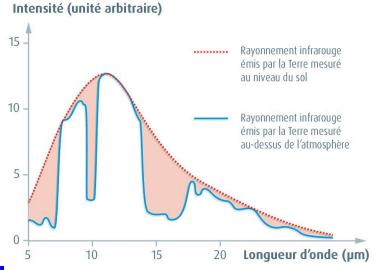
## Piste d'exploitation

- **Exploiter** le graphique pour montrer le rôle des gaz présentés, gaz nommés « gaz à effet de serre » ou GES. Attention à la lecture de l'axe des abscisses (échelle).

# Document 12. Comparaison des spectres d'émission terrestres au niveau du sol et au-dessus de l'atmosphère.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

On constate un écart conséquent entre le spectre d'émission mesuré au niveau du sol et le spectre mesuré au-dessus de l'atmosphère. L'écart est matérialisé en rouge sur le graphe.



#### Piste d'exploitation

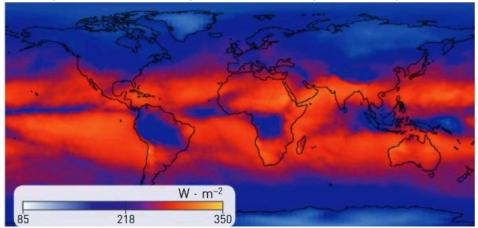
- Exploiter ce graphique plus simple pour corréler les documents 8 et 11.

#### Document 13. Puissance moyenne du rayonnement IR lointain émis par la Terre (novembre 2018).

D'après Enseignement scientifique Première, Bordas 2019

Des satellites observent en permanence le rayonnement IR émis par la surface terrestre et par son atmosphère.

On estime que la Terre émet un rayonnement IR d'une puissance moyenne de 240 W.m<sup>-2</sup>.





Vous connecter sur ce le lien pour visionner en animation le rayonnement infrarouge émis au sommet de l'atmosphère du 26 au 27 janvier 2012 URL ou QR code).

https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File%3ANPP Ceres Longwave Radiation.ogv

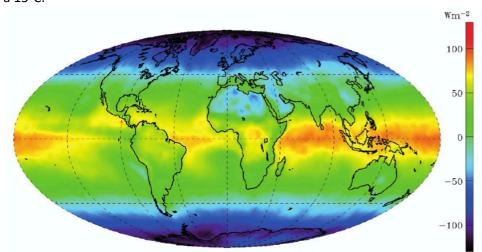
## Piste d'exploitation

- Montrer quelles sont les latitudes qui émettent le plus d'IR, le moins d'IR. L'expliquer.

#### Document 13 bis. Le bilan radiatif local varie en fonction de la latitude.

D'après Enseignement scientifique Première, Hatier 2019

Les pôles ont un bilan radiatif local négatif. En effet, ils reçoivent une faible puissance liée au rayonnement solaire incident et présentent un fort albédo, conséquence de leur surface glacée et blanche qui augmente la réflexion du rayonnement solaire incident. Leur température locale est ainsi inférieure à 15°C.



Moyenne annuelle du bilan radiatif local en W.m<sup>-2</sup>

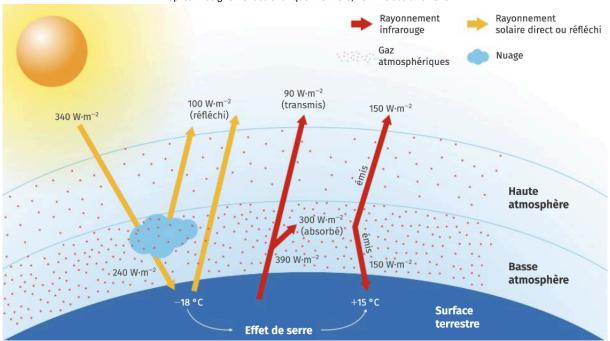
# Piste d'exploitation

- **Exploiter** cette carte comme un bilan : **relier** le bilan radiatif selon les latitudes avec le rayonnement solaire incident, l'émission d'infrarouges et l'albédo.

Bilan classe. Explication du schéma à l'aide des connaissances acquises et notion d'équilibre thermique. Documents 14 et 15.

## Document 14. La répartition de la puissance solaire reçue.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2019



Expliquer ce schéma à l'aide des connaissances acquises sur l'albédo et l'effet de serre.

Exploitation de l'animation « effet de serre » du CEA. :

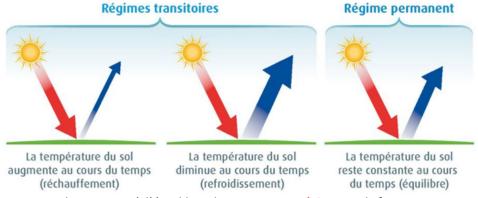
https://www.youtube.com/watch?v=i53-7X8iSkg



#### Document 15. Modélisation de régimes transitoires et permanent.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

Un corps à l'équilibre, ou en régime permanent, reçoit la même puissance qu'il renvoie. Il n'y a pas d'accumulation ou de perte de chaleur. On parle d'équilibre dynamique si ce corps est en interaction avec l'extérieur, c'est-à-dire qu'il échange en permanence de l'énergie avec l'extérieur.



Montrer que la Terre est à l'équilibre thermique et préciser quels facteurs pourraient rompre cet équilibre.

# Groupe 3 (oral). Les températures lunaire et terrestre. La rupture actuelle de l'équilibre thermique terrestre. Documents 16 à 19.

#### Document 16. Températures moyennes sur la Terre et la Lune.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

La Terre et la Lune se trouvent quasiment à la même distance du Soleil.



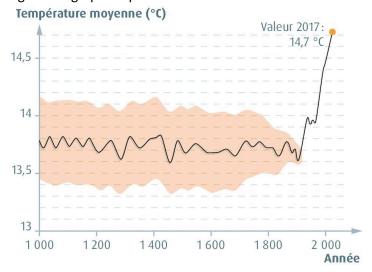
## Piste d'exploitation pour la première partie

- **Indiquer** le problème qui se pose, et **proposer** une hypothèse expliquant les différences. Une recherche sur les caractéristiques lunaires doit vous aider à répondre (les éléments de recherche sont pris en compte dans la notation).

### Document 17. Température moyenne sur Terre de l'an 1000 à 2017.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

Le nuage orange sur le graphe représente l'incertitude des estimations.



## Document 18. Teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre de l'an 1000 à 2018.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019



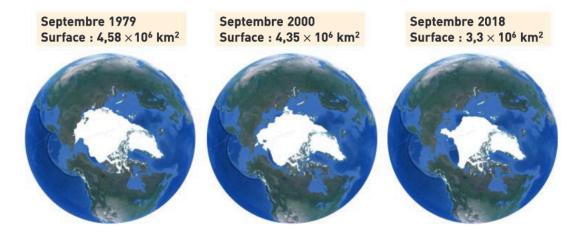
0 ée

\* ppm: unité de concentration (en parties par million). Unité employée à la place des % pour de très petites concentrations. Ainsi, 400 ppm représente 0,04 %

Début de l'ère industrielle (consommation de combustibles fossiles tels que charbon, pétrole et gaz naturels)

# Document 19. Évolution de la surface minimale de la banquise arctique de 1979 à 2018 (valeurs moyennes de septembre).

D'après Enseignement scientifique Première, Bordas 2019



## Piste d'exploitation pour la deuxième partie

- **Montrer** que l'équilibre thermique actuel est rompu et **donner** des pistes d'explication en utilisant les données précédemment abordées dans le reste du chapitre (argumentation prise en compte dans la notation).