

SVT	<b>Thème 1 – Sciences, climat et société</b>	Term Ens Scient
Ac	<b>Chapitre 2 – La complexité du système climatique</b>	ESTHER & PIOCHE

### III- Un bilan radiatif déséquilibré :

On appelle bilan radiatif la différence entre l'énergie reçue par la Terre et celle réémise vers l'espace. De 1880 à 2018, on a mesuré un réchauffement climatique global d'environ +1°C, ce qui traduit un déséquilibre du bilan radiatif.

**Quelles sont les causes de ce déséquilibre radiatif ?**

1. A l'aide du document 1, **construire un schéma** des mécanismes l'origine de l'effet de serre. Le schéma ne représentera qu'une portion de la Terre et de son atmosphère, sans prendre en compte sa sphéricité.
2. **Justifier** que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ; le méthane (CH<sub>4</sub>) ; le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et la vapeur d'eau sont des gaz à effet de serre.
3. **Expliquer** pourquoi le PRG du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) est beaucoup plus élevé que celui du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).
4. **Expliquer** pourquoi le dioxyde de carbone reste à plus de 20% un contributeur majeur de l'effet de serre.
5. **Montrer** que l'augmentation de la température moyenne terrestre de 1850 à nos jours est liée à une augmentation du forçage radiatif.
6. **Montrer** que cette augmentation de la température moyenne est **observable** via un indicateur climatique : les dates des vendanges.

#### Document 1 : Les mécanismes de l'effet de serre

"Lorsque le rayonnement solaire atteint l'atmosphère terrestre, une partie (environ 30 %) est directement réfléchi, c'est-à-dire renvoyée vers l'espace, par l'air, les nuages blancs et les surfaces claires de la Terre (on pense évidemment aux régions blanches et glacées comme l'Arctique et l'Antarctique, mais il ne faut pas en surestimer le rôle : leur position aux pôles fait qu'elles reçoivent peu d'énergie solaire) ; l'albédo est la mesure de cet effet de miroir.

Les rayons incidents qui n'ont pas été réfléchis vers l'espace sont absorbés par l'atmosphère (20,7 %) et la surface terrestre (51 %).

Cette dernière partie du rayonnement absorbée par la surface du sol lui apporte de la chaleur qu'elle restitue à son tour, le jour comme la nuit, en direction de l'atmosphère sous forme d'infra-rouge. [...]

L'effet de serre ne s'intéresse qu'à ces rayonnements, qui seront absorbés en partie par les gaz à effet de serre, ce qui contribue à réchauffer l'atmosphère.

Puis dans un troisième temps, cette chaleur contenue par l'atmosphère est réémise dans toutes les directions ; une partie s'échappe vers l'espace, mais une autre partie retourne vers la Terre et [...] donc s'oppose au refroidissement de la surface."

D'après : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Effet\\_de\\_serre](http://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_de_serre)

#### Document 2 : Un bilan radiatif en équilibre dynamique

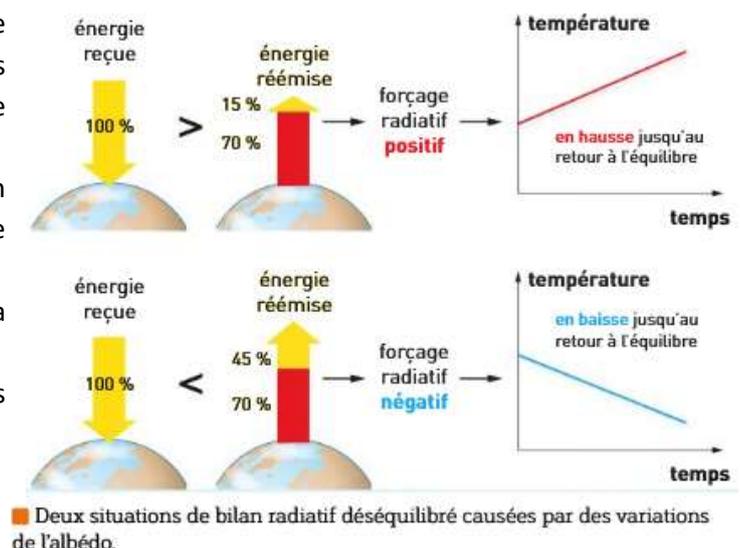
La reconstitution des températures passées montre de nombreuses oscillations qui traduisent des variations de l'équilibre du bilan radiatif. On parle alors d'équilibre dynamique.

Une diminution de la température résulte d'un bilan radiatif négatif, c'est-à-dire d'une quantité d'énergie reçue inférieure à celle réémise.

C'est l'inverse pour une augmentation de la température de l'atmosphère terrestre.

Ces variations du bilan radiatif sont appelées

**forçages radiatifs.**



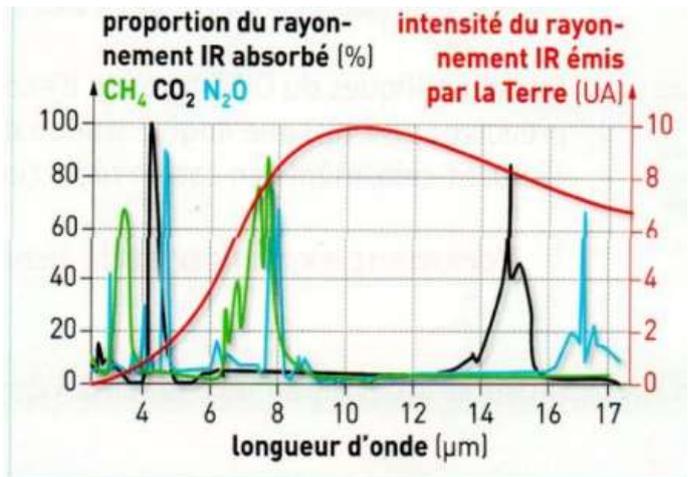
### Document 3 : La contribution des principaux gaz à effet de serre au réchauffement de l'atmosphère

Chaque gaz possède un pouvoir de réchauffement global (PRG) qui dépend :

- De sa capacité à absorber le rayonnement IR émis par la Terre
- De son temps de résidence dans l'atmosphère.

Gaz	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Temps de résidence	100 ans	10 ans	120 ans
PRG (à 100 ans)	1	28	265

On peut ainsi montrer que, sur une durée de 100ans, 1kg de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) provoque un réchauffement équivalent à 265kg de CO<sub>2</sub> !

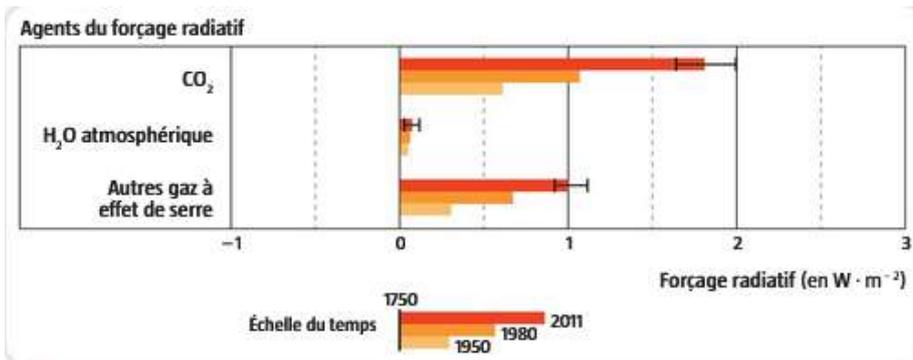


Spectres d'absorption de quelques gaz de l'atmosphère superposés à l'intensité du rayonnement IR émis par la Terre.

Rappel : plus une longueur d'onde est courte, plus l'onde véhicule une grande quantité d'énergie.

### Document 4 : Augmentation du forçage radiatif par les Gaz à Effet de Serre

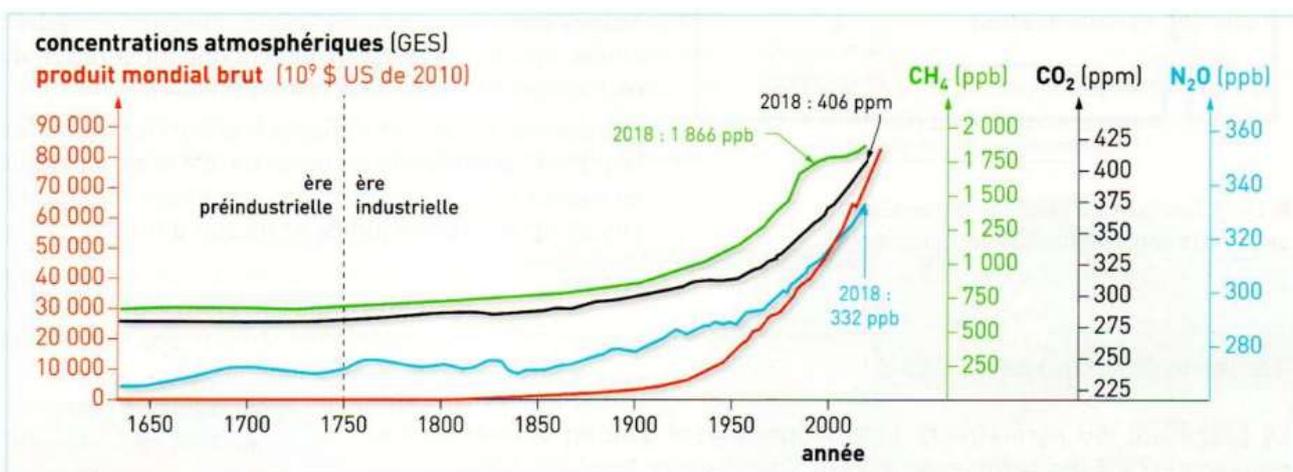
Si le système climatique se réchauffe, c'est qu'il gagne plus d'énergie qu'il n'en perd.



Influence de certains gaz sur le forçage radiatif depuis 1950 comparé à sa valeur de 1750.

### Document 5 : Activité économique et composition atmosphérique

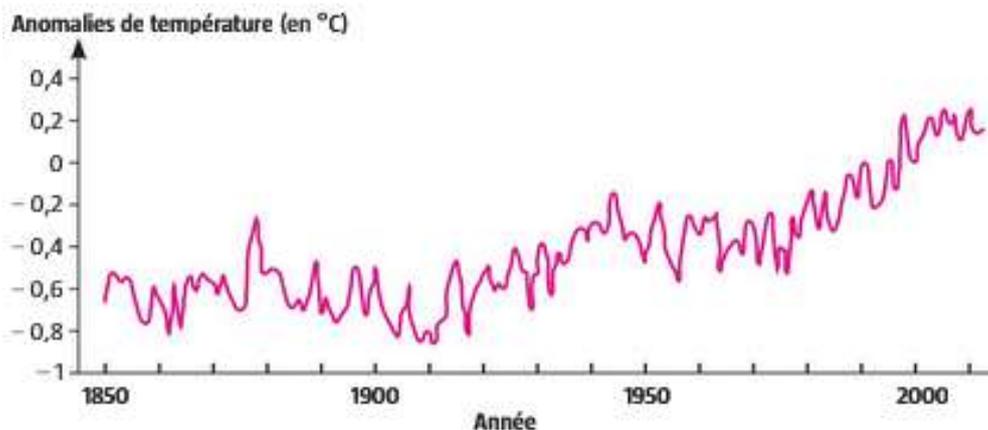
Le graphique ci-dessous représente l'évolution des teneurs en GES ainsi que l'évolution de la richesse mondiale exprimée par le produit mondial brut (PMB) qui est la somme des produits intérieurs bruts (PIB) de chaque nation. Le PMB est un indicateur de l'activité économique mondiale



Évolution de la concentration en GES comparée à celle du PMB. 1 ppm = 1 000 ppb.

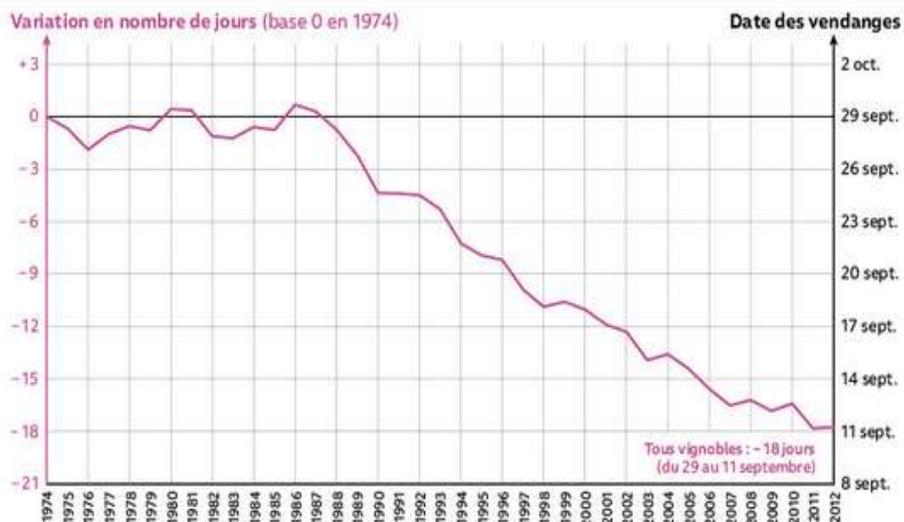
### Document 6 : Anomalie de température de 1850 à nos jours

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



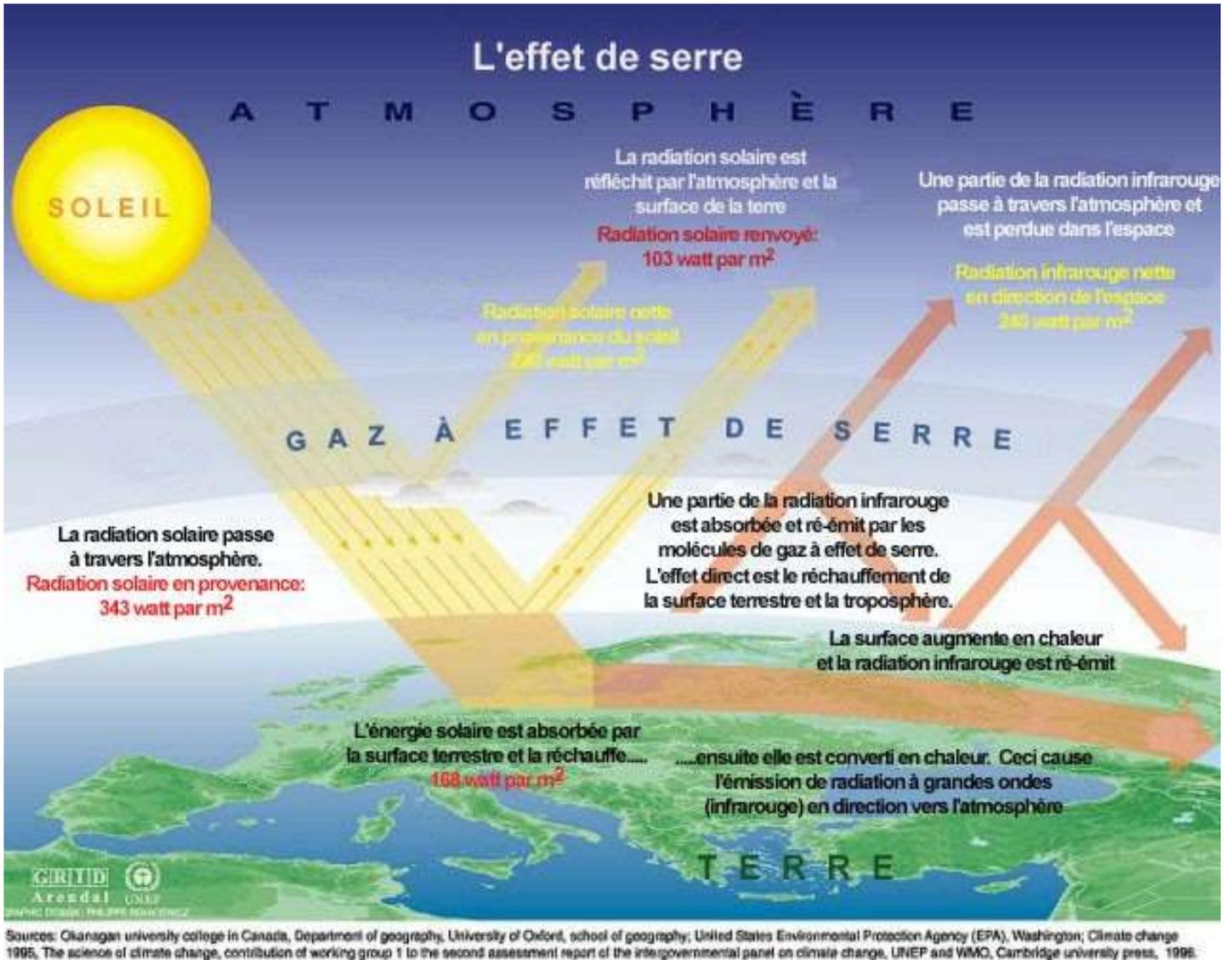
### Document 7 : Date des vendanges depuis 1974, indicateurs d'une variation du climat

La date des vendanges dépend de la maturité des raisins, celle-ci est en partie contrôlée par le climat (dans les régions au climat frais, la maturation des raisins est généralement plus tardive).



## Correction :

1-



- 2- On observe dans le document 3, que le méthane, le dioxyde de carbone, le protoxyde d'azote et la vapeur d'eau absorbe du rayonnement IR. Or, en absorbant les infrarouges, ils absorbent de l'énergie qu'ils réémettent dans toutes les directions, y compris vers la surface terrestre. Il s'agit bien d'un effet de serre.
- 3- On observe dans le document 3, que le protoxyde d'azote absorbe des rayons IF émis par la Terre de longueur d'onde plus courtes que les rayons IR absorbés par le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Or on sait que, plus la longueur d'une onde est courte, plus l'onde véhicule une grande quantité d'énergie. Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) absorbe donc plus d'énergie que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Il réémet par la même occasion plus d'énergie vers la surface de la Terre.
- 4- On observe dans le document 5, que la concentration en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est exprimée en ppm (partie par million), tandis qu'elle est exprimée en ppb (partie par milliard) pour les autres gaz à effet de serre. Sachant que 1ppm = 1 000 ppb, même si le pouvoir réchauffant global (PRG) est plus important pour le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), la concentration de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère est nettement supérieur. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) reste donc un contributeur majeur de l'effet de serre.

5- Dans le document 6, on observe que les anomalies de températures augmentent à partir de l'année 1910 environ.

Or, nous observons dans le document 5, que l'activité mondiale augmente progressivement au début de l'ère industrielle et explose aux environs de l'année 1910. Par ailleurs, on observe que l'augmentation de l'activité mondiale peut être corrélée avec l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre.

Enfin, dans le document 4, nous observons une augmentation significative du forçage radiatif des gaz à effet de serre entre les années 1950 et 2011. On passe de  $0.6 \text{ W.m}^{-2}$  à presque  $2 \text{ W.m}^{-2}$  pour le  $\text{CO}_2$  et de  $0.3 \text{ W.m}^{-2}$  à  $1 \text{ W.m}^{-2}$  pour les autres GES

On peut donc en déduire que l'augmentation des températures moyenne terrestre de 1850 à nos jours est liée à une augmentation du forçage radiatif des gaz à effet de serre rejetés par l'activité humaine.

6- Dans le document 7, on observe que la date des vendanges depuis 1987 ne cesse d'être avancée dans le calendrier. Or, on nous dit que dans les régions au climat frais, la maturation des raisins est généralement plus tardive. On en déduit qu'il se passe le phénomène inverse. En se réchauffant, le climat régional accélère la maturation des raisins.

On en conclut que l'augmentation des températures est observable via un indicateur climatique : les dates des vendanges.

### **A retenir :**

Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ  $+1^\circ\text{C}$ ).

Celui-ci est la réponse du système climatique à l'augmentation du forçage radiatif (différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise) due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , et vapeur d'eau principalement.

Lorsque la concentration des GES augmente, l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique infrarouge émis par la surface de la Terre. En retour, il en résulte une augmentation de la puissance relative reçue par le sol de la part de l'atmosphère.

Cette puissance additionnelle entraîne une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère pré-industrielle.

L'énergie supplémentaire associée est essentiellement stockée par les océans, mais également par l'air et les sols, ce qui se traduit par une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre et la montée du niveau des océans