

Licence Sciences et Applications - Mention STEP

Geosciences 3 : « L'Homme et la planète »

Examen : CO₂ et changements climatiques :

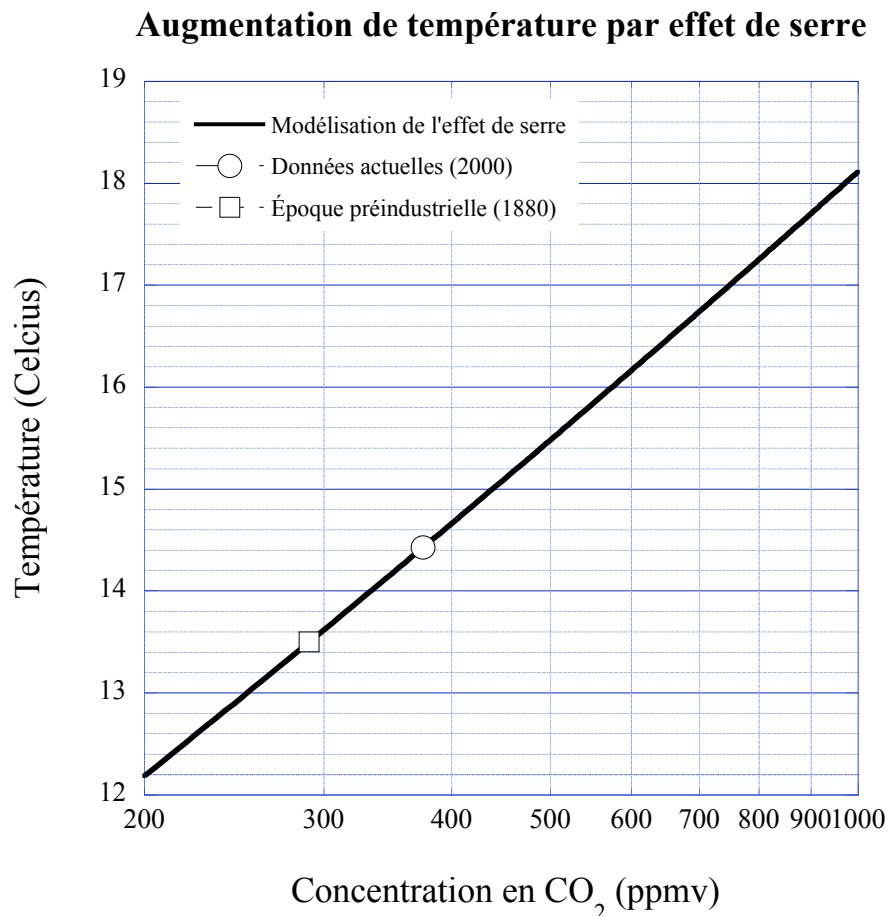
Le but de cet examen est d'évaluer d'une part votre connaissance du cours et d'autre part votre aptitude à poser scientifiquement un problème à partir des démarches illustrées en TD. Vous veillerez à soigner votre rédaction qui devra être concise et précise, et à discuter vos résultats. Le barème est sur 30 points ; la note sera ramenée à 20.

Le sujet de l'examen concerne l'évolution du CO₂ sur Terre, notamment à l'époque moderne, et le lien que l'on peut faire avec l'évolution de la température.

PARTIE 1 - Le lien entre CO₂ et température moyenne à la surface du globe (14 pts)

1. Des données actuelles aux prédictions pour le futur :

1.1 La figure suivante donne la teneur en CO₂ dans l'atmosphère et la variation de température moyenne à la surface du globe en l'an 2000 et en 1880. Pourquoi la teneur en CO₂ a-t-elle augmenté au cours de cette période, et à quel rythme l'a-t-elle fait (1 pt) ? Pourquoi la température a-t-elle augmenté également sur cette même période (1 pt) ?



La courbe noire correspond à la modélisation de l'effet de serre en fonction de la teneur en CO₂. Ces variations de température sont modélisées en utilisant les lois physiques de la radiation et de l'absorption des rayons électromagnétiques. Les modèles obtenus sont calibrés à partir des enregistrements actuels et préindustriels et donnent la loi suivante :

$$T(K) = \frac{14.5}{1 - 0.05 \ln(C/375)}$$

où C est la concentration en CO₂ exprimée en ppmv.

1.2 Les modèles climatiques prévoient que d'ici 2100 la teneur en gaz carbonique dans l'atmosphère sera entre 500 à 1000 ppmv. Comment sont obtenues ces prédictions et comment s'explique cette gamme de variation (2 pts) ?

1.3 Reportez ces prédictions sur le graphe pour estimer les variations de température associées. Quelles peuvent être les conséquences d'un tel réchauffement climatique ? (2 pts)

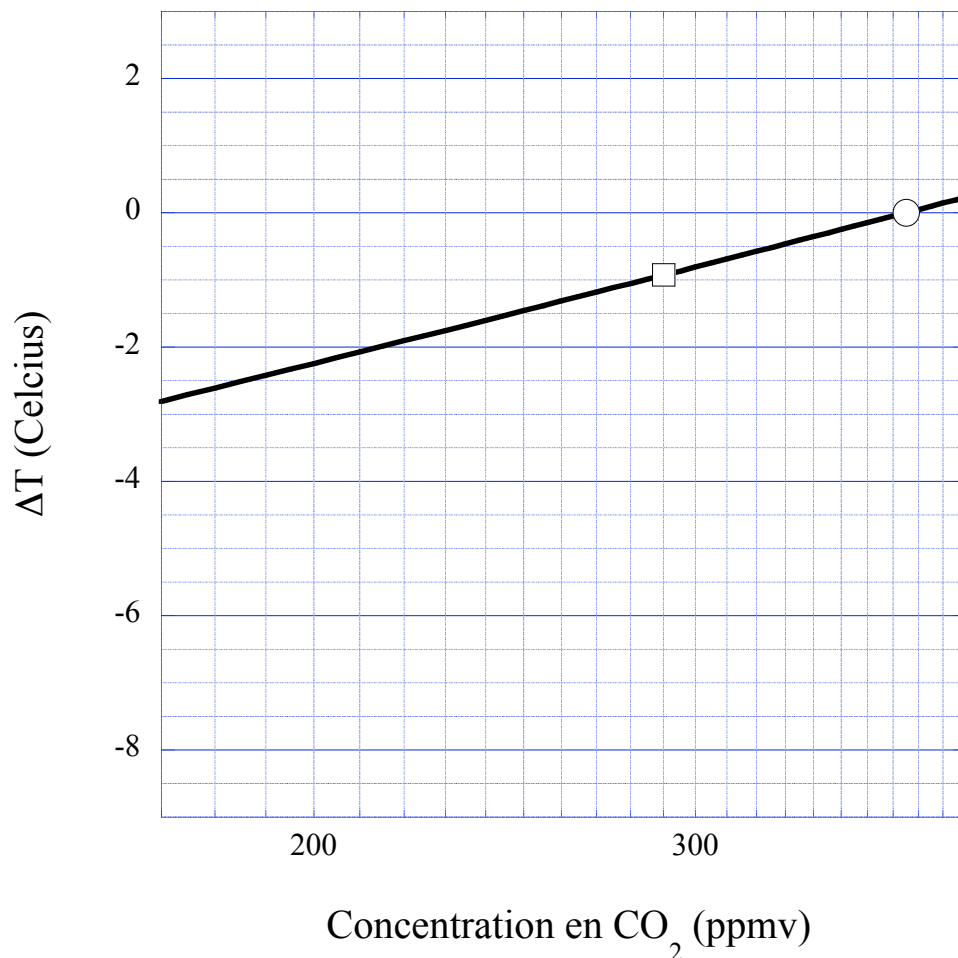
2. Discussion des prédictions à partir des enregistrements géologiques :

2.1 Le document en annexe présente les données extraites des carottes glaciaires antarctiques sous la forme des teneurs en CO₂ et des différences de la température annuelle moyenne ΔT par rapport à l'actuel en fonction de la profondeur dans la carotte (et donc du temps). Comment sont obtenues ces deux types de données (1 pt) ?

2.2 En utilisant les données extraites de cette figure listées dans le tableau ci-dessous, reportez cet enregistrement sur la figure $\Delta T=f(\text{CO}_2)$ page suivante (on a fait un zoom aux faibles concentrations). Ces données sont-elles en accord avec ce qui attendu pour les modèles climatiques, et dans le cas contraire comment peut-on expliquer les différences (3 pts) ?

Évènement	Teneur en CO ₂ dans la glace (ppmv)	ΔT (celcius)
1	180	-8,2
2	190	-7,8
3	210	-5
4	285	2,2
5	190	-8,5
6	180	-8,2
7	220	-5
8	245	-1,5
9	278	2
10	200	-8
11	260	-2
12	270	0
13	215	-5,5
14	275	-2,5

Enregistrement dans les carottes de glace



2.3 Divers arguments suggèrent qu'à l'échelle globale, la température moyenne du globe a varié de 4 à 5 °C entre les périodes glaciaires et les périodes interglaciaires. Cette information modifie-t-elle vos conclusions et si oui en quoi (1 pt) ?

2.4 En remontant plus loin dans le temps, on pense qu'au Crétacé (70 millions d'années), la Terre a connu un optimum climatique renseigné par diverses signatures géologiques (isotopes de l'oxygène, étendue des dépôts coralliens, hausse du niveau des mers...) et pour lequel on estime à 12 degrés de plus que l'actuel la température globale. La teneur en CO₂ au Crétacé est estimée au plus à 700-800 ppmv. Pensez-vous que le Crétacé soit une meilleure description du futur que ce qui est prédit par les modèles climatiques (1 pt) ?

2.5 Quelles réflexions vous inspire la comparaison entre les modèles climatiques basés sur l'actuel et les enregistrements géologiques ? Qu'en déduisez-vous pour le réchauffement climatique dans les années 2100 ? (2 pts)

PARTIE 2 - Peugeot PSA gobe le CO₂ (Le Monde, 1/12/2005) (16 pts).

La ratification du protocole de Kyoto en février 2005 prévoit que les gros émetteurs de carbone dans l'atmosphère puissent accumuler des « points carbone » en encourageant des initiatives de séquestration du CO₂ atmosphérique.

Une initiative de la firme Peugeot PSA, en partenariat avec l'ONF et une université brésilienne est le reboisement d'une parcelle au Brésil. Une propriété de 2000 hectares (1ha = 10⁷ m²) a été replantée, pour un investissement de la firme de 10 millions d'euros. Le projet est supposé durer 40 ans (1998-2038). Plus de 50 espèces ont été replantées, en accord avec la biodiversité des formations végétales sous ce climat.

1. Données constructeur :

1.1 PSA commercialise en moyenne 3x10⁶ voitures par an, lesquelles vont parcourir en moyenne 20 000 km par an sur 10 ans avant d'être remplacées. En régime stationnaire (c'est-à-dire toute voiture est remplacée au bout de 10 ans par une nouvelle) quel est le nombre de km parcourus par l'ensemble des véhicules PSA en une année (1 pt)?

1.2 Une voiture PSA libère en moyenne 100 g de CO₂ par km. Déduisez-en la masse de carbone libéré par l'ensemble des véhicules PSA en une année. Cette masse doit être multipliée par 2 pour avoir une estimation globale car chaque litre d'essence consommée requière un litre supplémentaire lié à l'acheminement, au raffinage, etc. (1 pt)

2. La séquestration du CO₂ émis

2.1. Pourquoi PSA s'est-il lancé dans la sylviculture ? Vous rappellerez brièvement quels sont les puits et de sources de carbone **anthropique** atmosphérique à l'échelle globale et leur ordre de grandeur (4 pts).

2.2 Décrivez qualitativement l'évolution de la teneur en carbone de l'écosystème forêt en fonction du temps (1 pt).

2.3 En supposant que l'assimilation de carbone par l'écosystème forêt est constante sur la période considérée (10 tC/ha/an) et que le flux de carbone libérée par la forêt est de la forme $K \times M$ où K est une constante de proportionnalité (en ha⁻¹an⁻¹) et M la masse de carbone de la forêt par unité de surface (en tC/ha), écrivez l'équation différentielle qui régit la masse de carbone M fixée par la forêt au cours du temps (2 pts).

2.4 En résolvant cette équation différentielle, tracez grossièrement l'évolution de la masse de carbone stockée dans la forêt en fonction du temps pour $K = 0,05 \text{ ha}^{-1}\text{an}^{-1}$. Que remarquez vous (2 pts)?

2.5. Quelle est la quantité de carbone fixée par l'écosystème forêt lors des 10 premières années (1 pt) ?

2.6. Quelle sera la quantité séquestrée sur les 40 ans de l'expérience (1 pt) ?

2.7. Que pouvez-vous en conclure sur cette initiative de PSA ? Quelle surface forestière faudrait-il planter pour annuler les émissions de CO₂ par la firme ? Quelles sont les limites de la séquestration organique (3 pts) ?