

SESSION 2005

Filière : 2^{ème} concours – Concours ENS Lyon

GÉOSCIENCES

Durée : 3 heures

*L'usage de la calculatrice est autorisé.
Les échanges de calculatrice entre candidats ne sont pas autorisés.*

Tournez la page S.V.P.

PREAMBULE

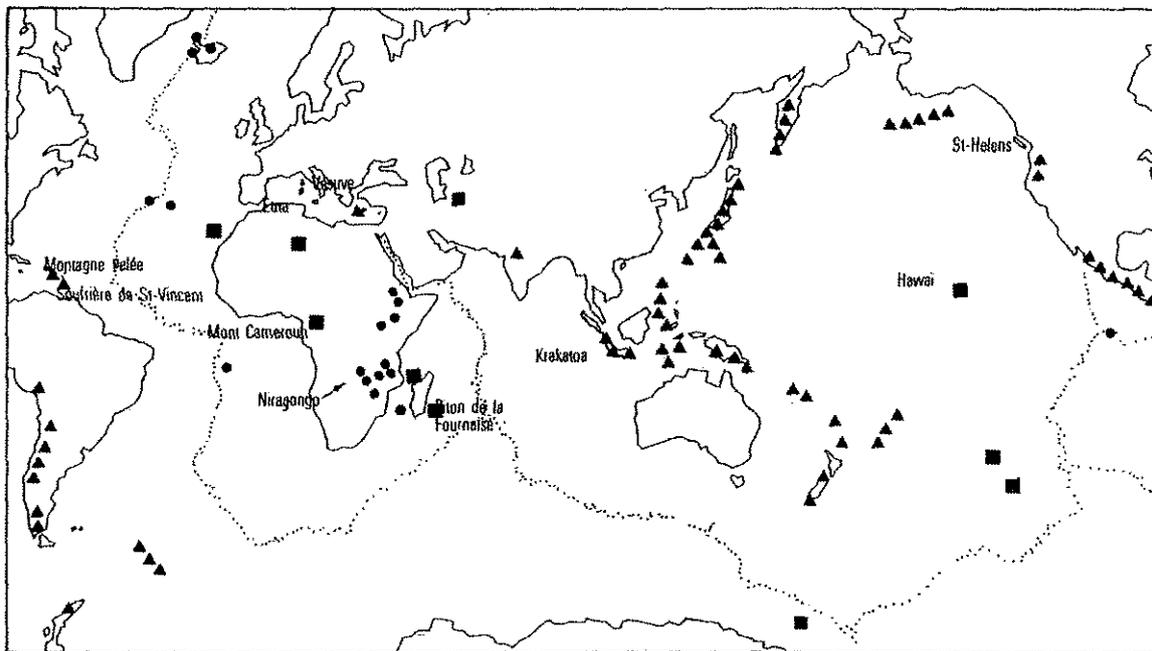
La qualité de la rédaction et la concision des réponses seront prises en compte dans l'évaluation

Beaucoup de questions peuvent être traitées séparément et certaines réponses sont brèves.

PREMIERE PARTIE

Le volcanisme sur Terre et dans le Système Solaire

1. Vous disposez d'une carte mondiale montrant la distribution du volcanisme actuel sur Terre (document 1).



●●●● Volcanisme basaltique sous marin ● Volcanisme basaltique aérien groupé ■ Volcanisme basaltique isolé ▲ Volcanisme andésitique

Document 1 : Répartition du volcanisme actif mondial (d'après Thomas, 1992)

- 1.1. Commenter cette carte (environ 1/2 page)
- 1.2. Faites un bloc diagramme (schéma en trois dimensions) montrant le contexte géodynamique associé aux différents types de volcanisme.
- 1.3. Donner les principaux mécanismes à l'origine des différents types de volcanisme.
- 1.4. Quelle est la chimie en éléments majeurs des roches associées aux différents contextes géodynamiques ?
- 1.5. Quelle est la nature des principaux gaz émis au cours des éruptions volcaniques ?
- 1.6. Quels sont les différents types éruptifs ? Quels sont les facteurs principaux qui gèrent le mode éruptif ?

Dans le Système Solaire, mise à part la Terre, il existe des lieux présentant une activité volcanique actuelle ou passée.

- 1.7. Quels sont ces lieux ?
- 1.8. Quels sont les mécanismes impliqués ?

DEUXIEME PARTIE

Flux Géothermique

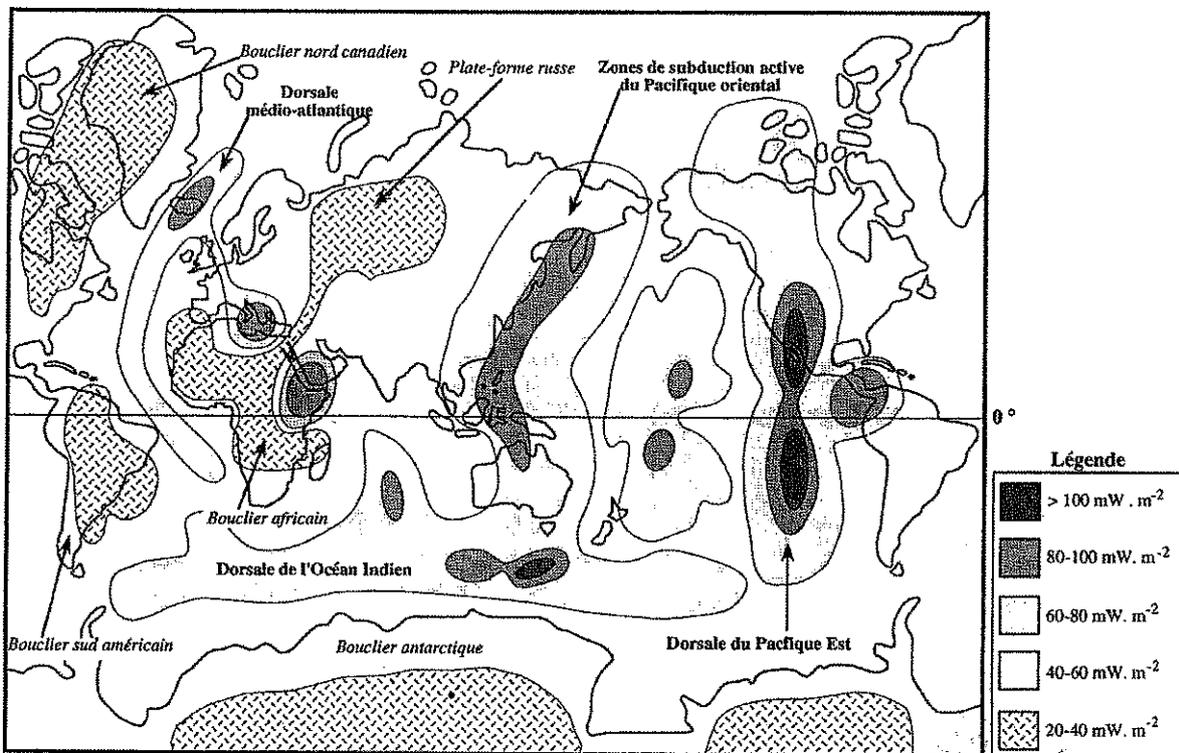
2. Le document 2 donne le flux géothermique à la surface du Globe, c'est-à-dire la quantité de chaleur perdue par unité de temps et de surface. Le flux moyen est de 82 mWm^{-2} .

2.1. Commentez cette carte notamment en faisant le lien avec la géodynamique (environ $\frac{1}{2}$ page).

2.2. Quelles sont les sources de chaleur de la Terre profonde ?

2.3. Quelle est la quantité de chaleur évacuée par an à la surface du Globe par le flux géothermique ?

2.4. Quelles sont les manifestations énergétiques du Globe ?



TROISIEME PARTIE

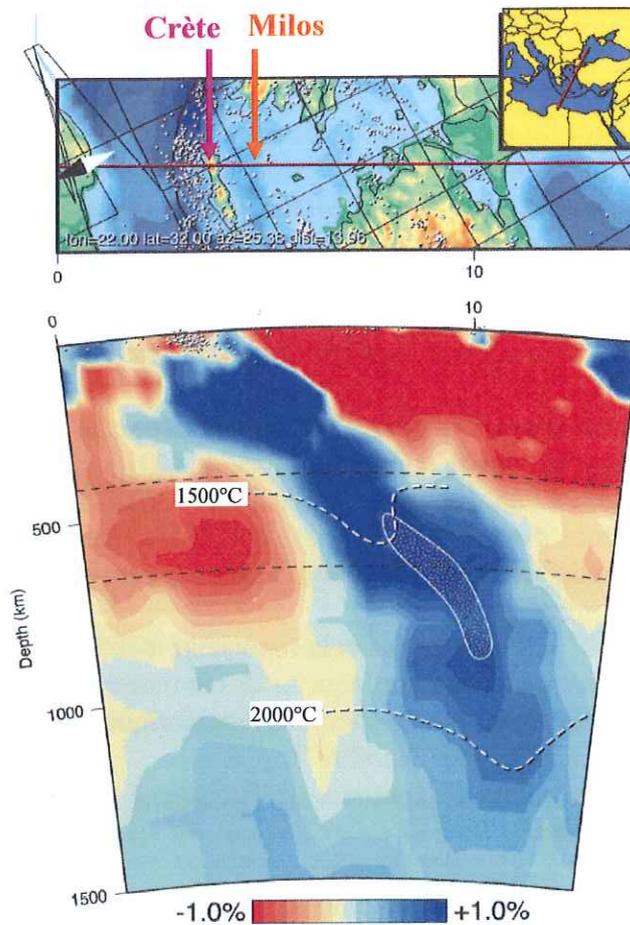
Effet thermique du CO₂ associé au volcanisme

Milos est une île volcanique de la Mer Egée située au Nord de la Crète. Les roches volcaniques sont variées : on y trouve des basaltes, des andésites, des dacites et des rhyolites. L'éruption volcanique la plus récente date de 80.000 ans, et on recense des éruptions phréatiques historiques. On observe néanmoins des sources chaudes accompagnées d'un dégazage important de CO₂ sur une surface de 35 km².

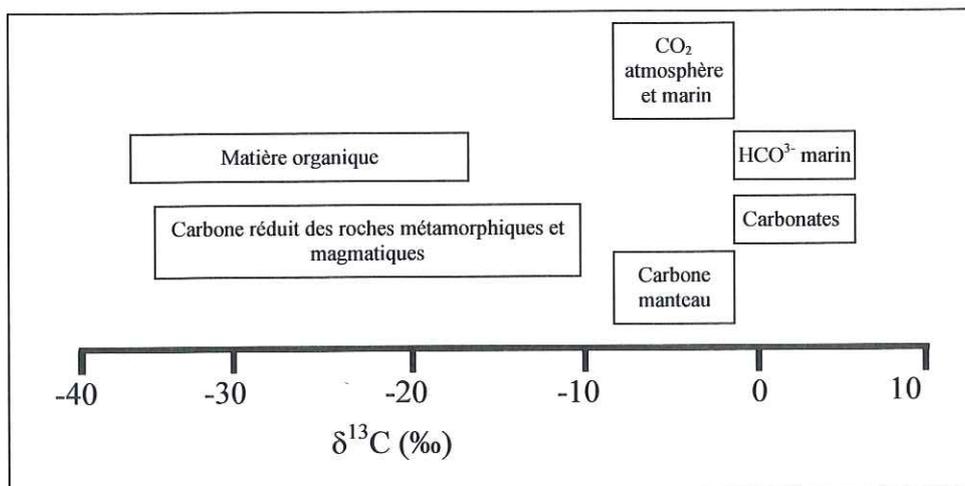
- 3.1. Si le flux moyen de CO₂ est de $6,3 \cdot 10^7 \text{ kg km}^{-2} \text{ an}^{-1}$, quelle est la quantité totale dégazée par an ?
- 3.2. Si l'on suppose que ce dégazage est constant depuis la coulée la plus ancienne datée à 3,18 millions d'années, quelle quantité globale de CO₂ a été dégazée ?
- 3.3. Il est généralement admis que le CO₂ provient du dégazage des magmas au cours de leur remontée à la surface. Sachant que la solubilité de CO₂ dans les magmas silicatés est d'environ 0,5 %, combien de tonnes de magma faudrait-il pour produire la quantité de gaz calculée dans la question précédente ?
- 3.4. Combien de m³, km³ de magma cela représente-t-il ?
- 3.5. Si l'on considère que l'aire sur laquelle des émissions de CO₂ sont observées correspond à l'expression en surface de la chambre magmatique située en profondeur, quelle serait alors l'étendue verticale de cette chambre ?
- 3.6. Au vu de ces résultats, l'hypothèse de l'existence d'une chambre magmatique vous semble-t-elle vraisemblable ?

Dans cette partie on cherchera à déterminer l'origine du CO₂ et les conséquences sur la géothermie de ces zones à l'aide de données complémentaires.

- 3.7. Le document 3 montre une coupe tomographique N-S de la Mer Egée. Il s'agit d'une zone sismiquement très active, comme en témoignent les nombreux séismes qui s'y produisent.
 - 3.7.1. Comment interprète-t-on les zones où la vitesse des ondes sismiques sont anormalement rapides (en bleu) et celles où elles sont anormalement lentes (en rouge) ?
 - 3.7.2. Proposez une interprétation géodynamique de cette zone.
- 3.8. Sur les îles de Syros et Sifnos, situées au Nord de l'île de Milos, on trouve à l'affleurement des éclogites, des schistes bleus et de nombreux marbres. Dans quel contexte géodynamique se forment ces roches ?
- 3.9. Les analyses du $\delta^{13}\text{C}$ du CO₂ émis varie entre -1 et +1.1‰. A l'aide du document 4 identifier la ou les sources possibles du carbone ?
- 3.10. Quel mécanisme proposez-vous pour produire de telles quantités de CO₂ ?
- 3.11. La zone où des réactions à l'origine du CO₂ se produisent est montrée sur le profil tomographique. Sachant qu'un gramme de CO₂ dégage 1,13 kJ lorsqu'il se refroidit de 1000 °C, quelle quantité de chaleur est ainsi transportée par le dégazage annuel de CO₂ ?
- 3.12. Exprimez ce résultat en W m^{-2} et comparez-le au flux géothermique moyen à la surface du Globe (82 mW m^{-2}).
- 3.13. Le gradient géothermique mesuré est de 8°C-10°C tous les 100 mètres. Celui-ci vous semble-t-il cohérent avec le résultat obtenu dans la question précédente ?



Document 3 : Coupe tomographique sous la Mer Egée. Les épicentres des séismes (points blancs) y sont reportés ainsi que les isothermes 1500 et 2000°C (en tiretés). Le domaine possible des réactions à l'origine du CO₂ y est indiqué (d'après Schuiling, 2004, modifié).



Document 4 : Valeurs caractéristiques du $\delta^{13}\text{C}$ (‰) de différents réservoirs. La largeur des boîtes donne la fourchette des valeurs mesurées (d'après Des Marais, 2001, modifié).

QUATRIEME PARTIE

Corps Noir et bilan thermique

Rayonnement du corps noir. Lors qu'un système est à l'équilibre thermique, la loi de Stéfán $E = \sigma T^4$ relie la température d'un corps à l'énergie qu'il évacue ; où $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ est la constante de Stéfán-Boltzmann.

4.1. Considérant que la surface de la Terre n'est chauffée que par le flux géothermique (le flux moyen à la surface de la Terre est de 82 mWm^{-2}) et supposant qu'elle se comporte comme un corps noir, quelle serait la température d'équilibre de la surface de la Terre ?

4.2. Maintenant nous allons calculer l'énergie solaire reçue par la Terre. Le Soleil rayonne comme un corps noir à 5800K . Le rayon du Soleil est de $6,96 \cdot 10^5 \text{ km}$.

4.2.1. A l'aide de ces données calculer l'énergie totale émise par le Soleil.

4.2.2. L'énergie reçue par la Terre ou les autres planètes du Système Solaire décroît avec la distance au Soleil en $1/r^2$. Pourquoi ?

4.2.3. Connaissant la distance moyenne Terre-Soleil (D_{T-S}) qui est de $149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$, calculez l'énergie reçue par unité de surface dans la haute atmosphère de la Terre.

4.2.4. Comparez la valeur précédente à celle mesurée qui est de 1367 Wm^{-2} . Cette valeur est appelée constante solaire (C_S).

4.2.5. L'énergie totale reçue par la Terre correspond alors au produit de la C_S et de la surface diamétrale de la Terre. Calculez cette énergie.

4.2.6. Cette énergie totale est distribuée sur toute la surface du Globe. Calculez la quantité d'énergie disponible par m^2 .

4.2.7. Si l'on considère que la Terre est du point de vue thermique à l'état stationnaire, c'est-à-dire que l'énergie absorbée est égale à l'énergie émise, et que la Terre se comporte comme un corps noir, quelle serait sa température d'équilibre ? Cette température vous paraît-elle élevée ou bien faible ?

4.3. Dans cette partie, nous allons considérer d'autres facteurs qui entrent en compte dans le bilan thermique à la surface de la Terre. L'albédo mesure le pouvoir de réflexion d'une surface vis-à-vis des rayons qui l'atteignent. Un albédo de 1 implique que toute l'énergie est réfléchiée et de 0 que toute l'énergie est absorbée.

4.3.1. Quelles sont les deux surfaces sur Terre présentant un albédo important ?

4.4.2. Si l'albédo moyen de la Terre est de 0,39, quelle est alors la température d'équilibre ?

4.4. Nous allons maintenant nous intéresser à l'énergie reçue par les autres planètes.

4.4.1. Donnez tout d'abord l'expression littérale de l'équation permettant de calculer la constante solaire (C_S) en fonction de la distance au Soleil.

4.4.2. Donnez ensuite l'équation générale de l'énergie qui arrive au sol en fonction du rayon de la planète.

4.4.3. Introduisez l'albédo dans l'expression obtenue à la question précédente.

4.4.4. Enfin, à l'aide de l'équation de Stéfán-Boltzmann, donnez l'équation générale permettant de calculer la température d'équilibre des différentes planètes du Système Solaire.

4.4.5. En utilisant les données du document 5, calculez ces températures.

4.4.6. Comparez les valeurs obtenues dans la question précédente et celles reportées sur le document 5.

4.4.7. Comment expliquez vous ces écarts/similitudes entre les valeurs ?

	Mercury	Venus	Earth	Moon	Mars
Distance au Soleil (10^6 km)	57,9	108,2	149,6	149,6	227,7
Albédo	0,055	0,7	0,39	0,07	0,16
Température moyenne au sol ($^{\circ}\text{C}$)	167	477	14	0	-25
Pression atmosphérique au sol (Pa)	0	$9 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	0	60

Document 5 : Distance moyenne au Soleil, albédo, température moyenne au sol et pression atmosphérique de Mercury, Venus, La Terre, La Lune et Mars.