

# **EPREUVE ECRITE DE SCIENCES DE LA TERRE**

**ENS : PARIS LYON CACHAN**

**Coefficients :**            **PARIS option biologie 2      option sciences de la terre 5**

**LYON option biologie 4      option sciences de la terre 8**

**CACHAN 2**

**MEMBRE DE JURY : G. DROMART, J. GAILLARDET , P. LESCROART, V. LIGNIER , F. METIVIER**

Sur la forme, les copies étaient plutôt bien écrites et bien tenues.

Sur le fond, la notion essentielle du devoir, c'est-à-dire le contrôle géologique de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère par l'altération des silicates n'a pas été comprise. Les calculs simples ne demandant pas des notions mathématiques très pointues sont traités de façon approximative et les changements d'unité se sont avérés douloureux, par faute d'entraînement. Nous souhaiterions à l'avenir que des calculs de changements d'unités ne posent plus de problèmes majeurs à des élèves des classes préparatoires.

Partie 1.

Si les définitions de l'érosion physique et de la collision comme mécanisme de formation de reliefs sont connues de tous, il n'en est pas de même du calcul, pourtant extrêmement simple de la vitesse d'érosion en mm/an ou de celui d'isostasie. Certains élèves n'ont pas peur de conclure à des vitesses d'érosion supérieures aux vitesses de déplacement horizontal des plaques tectoniques ou bien de donner des remontées isostatiques de l'ordre de plusieurs km.

Partie 2.

Il est intéressant de constater que tous les candidats n'ont pas compris que le profil de sol était explicable par la dégradation de la roche mère et sa transformation en kaolinite. Quelques uns pensent que le sol s'enrichit en Ca avec la profondeur car la kaolinite réagit pour donner du plagioclase. L'origine des protons dans le sol n'est pas correctement traitée. On note deux réactions supplémentaires invoquées : l'autoprotolyse de l'eau et la précipitation du calcaire (qui libère des protons). L'autoprotolyse de l'eau ne libère que  $10^{-7}$  mol/l de protons et la présence de calcaire n'est pas décrite dans le sol en question.

Le calcul de la perte de Ca dans les sols n'était pas un calcul compliqué, il suffisait de comparer les aires des rectangles (5 m sur 30 mg) et du triangle (5 m sur 30 - 5 mg), mais très peu d'élèves arrivent à un résultat correct.

Les calculs d'équilibre chimique de CO<sub>2</sub> en solution aqueuse ont été fait correctement dans la plupart des cas. On note cependant que des élèves se compliquent inutilement l'existence en supposant que si n est la quantité initiale de CO<sub>2</sub> qui va se dissoudre, la quantité à l'équilibre sera n-x ou x est la quantité qui a réagi. Cela est typique des raisonnements de chimie, mais dans la cas de la dissolution de CO<sub>2</sub> atmosphérique dans l'eau, le nombre de mol qui réagit est infiniment petit par rapport à la quantité totale de CO<sub>2</sub> qui n'est donc pas modifiée.

La question 5 a été globalement mal traitée. Le lien entre la réaction de dissolution des silicates (qui nécessite des protons) et celle de dissolution du CO<sub>2</sub> dans l'eau, qui en libère n'a généralement pas été vu. Il est souvent conclu que la dissolution des silicates permet de consommer du CO<sub>2</sub> du sol, mais ce n'est que très rarement justifié.

Curieusement, le calcul du flux de Ca sortant du bassin versant n'a pas été fait correctement. Il s'agissait d'une multiplication et d'une division.

### Partie 3.

Le cycle du carbone à l'échelle des temps géologiques n'est pas bien traité. Rares sont les copies qui montrent que l'altération des silicates (en consommant deux moles de CO<sub>2</sub> par mol de silicate calcique) et la précipitation des carbonates (n'en rejetant qu'une) sont les deux mécanismes qui séquestrent le CO<sub>2</sub> atmosphérique à l'échelle des temps géologiques. La précipitation des carbonates est souvent écrite comme libérant des protons. Cette façon de l'écrire n'était pas ici la plus adaptée car elle ne permet pas de faire un bilan du CO<sub>2</sub>.

La plupart des cycles du carbone présentés proposent que la précipitation des calcaires se produit grâce au prélèvement de dioxyde de carbone dans l'atmosphère (par exemple par les coraux) qui en dissolvant produit des ions bicarbonates. En se combinant au calcium, ces ions précipitent sous forme de calcaire dans l'océan. Ce mécanisme ne peut pas être invoqué comme un moyen à long terme de stocker du carbone car le stock de carbone océanique n'est pas illimité et qu'un mécanisme pourvoyeur de calcium doit être invoqué. Ce mécanisme est l'altération des roches, seul mécanisme viable d'apport de Ca à l'océan. La question 3 a été traitée correctement par environ la moitié des candidats. Pour apprécier qu'un ensemble de points suivent une loi exponentielle, il suffit de linéariser la formule et de vérifier que les points s'alignent sur une droite. La température augmentant, la séquestration de carbone atmosphérique par l'altération des silicates et la précipitation des calcaires dans l'océan est amplifiée. Nous mettons en évidence ici très simplement un exemple de retro-contrôle négatif capable de réguler la température à la surface de la Terre sur des échelles de temps géologiques. L'application à la mise en place des basaltes du Deccan qui a injecté dans l'atmosphère une très grande quantité de CO<sub>2</sub> n'a été traitée correctement par aucune copie. Si la loi exponentielle est souvent écrite, l'expression des conditions initiales pour trouver la constante pré-exponentielle n'a pas été écrite correctement. L'application numérique montrait que la Terre avait réagi très vite à l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> (et donc au réchauffement) et qu'en 300000 ans, la moitié du CO<sub>2</sub> injecté avait été reconsumé puis précipiter sous forme de calcaires.

#### Partie 4.

Cette partie se voulait plus « physique » que les autres. Elle a été correctement traitée par un grand nombre de candidats qui ont souvent pensé aux contraintes d'homogénéité des formules. IL était nécessaire de connaître le volume et la surface d'une sphère. L'application numérique conduisait au résultat que les montagnes s'altèrent 5 fois plus vite que les plaines et que donc la mise en place d'une chaîne de montagne va avoir un effet sur la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère en accroissant le pompage de ce gaz et la précipitation des calcaires. La mise en place d'une chaîne de montagne peut donc conduire à un refroidissement climatique global. Cette conclusion pouvait se voir dans le document de la figure 2, même si la plupart des candidats ont raisonné à l'inverse, en interprétant le parallélisme entre les courbes d'oxygène 18 et d'érosion physique comme la preuve que le refroidissement du climat accentuait l'érosion physique des reliefs. Les arguments développés dans ce devoir permettaient d'envisager la conclusion inverse : en réponse à une augmentation de l'érosion physique (consécutive à la collision tectonique et à la mise en place des reliefs), le climat du Tertiaire s'est lentement refroidit ce qui a conduit au monde froid caractérisé par les calottes glaciaires que nous connaissons aujourd'hui. A noter qu'on appelle habituellement « ère glaciaires » les périodes de refroidissement de haute fréquence qui se produisent périodiquement au Quaternaire (non représentées sur la figure 2) et pas les baisses de température comme celle de l'Oligocène visible dans sur la figure 2. Enfin, l'utilisation des isotopes de l'oxygène à des fins climatiques reste encore obscure dans un grand nombre de copies bien que leur utilisation soit enseignée dès le lycée désormais. Bon nombre d'élèves passent plus de temps sur la notation delta (qui n'est qu'une façon pratique d'écrire des nombres difficiles à lire sinon) que les mécanismes fondamentaux qui font que les deux isotopes de l'oxygène n'ont pas le même comportement dans les processus physico-chimiques.

#### Partie 5.

Cette partie proposait de mettre en évidence très simplement le fait que la totalité du CO<sub>2</sub> injectée dans l'atmosphère par les activités humaines ne participe pas à l'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, et que des puits de CO<sub>2</sub> existent donc à la surface de la Terre. Cette partie était simple, constituée essentiellement de règles de trois, de changements d'unité et de quelques notions géologiques comme la CCD (limite de compensation des carbonates), la loi de Henry (qui dépend de la température) et la circulation thermohaline, qui semble pour l'essentielle inconnue des candidats. Ces notions de géologie quantitatives sont souvent mieux traitées que les calculs simples de changement d'unité, sur lesquels un élève de classe préparatoire de devrait plus hésiter !