

Concours BCPST 2019 – Écoles normales supérieures et ENPC

Épreuve écrite de sciences de la Terre – Rapport du jury

Coefficient de l'épreuve (en % du total d'admission) :

- Paris-Saclay : 3,1 %
- Lyon : Option Bio 6,6 % - Option ST 13,2 %
- Paris : Option Bio 1,4 % - Option ST 3,5 %
- ENPC : 3,8 %

- Armelle Baldeyrou-Bailly, professeur agrégé, Université de Strasbourg
- Sylvain Bernard, chargé de recherche CNRS, MNHN
- Nicolas Coltice, professeur des universités, ENS de Paris
- Olivier Dequincey, professeur agrégé, ENS de Lyon
- Pierre Dublanquet, chargé de recherche, Mines Paris-Tech
- Mathieu Rodriguez, professeur agrégé, ENS de Paris
- Gérard Vidal, maître de conférence, ENS de Lyon

1/ Remarques générales sur le sujet et les copies

Le sujet de sciences de la Terre 2019 était composé de quatre parties totalement indépendantes. Les connaissances et capacités testées touchaient de nombreux domaines et des questions “faciles” permettaient normalement d’entrer “en douceur” dans chaque exercice ou partie... même si certaines se sont révélées étrangement discriminantes. Sur l’ensemble des copies, une réponse exacte ou approchante a été donnée au moins une fois à toutes les questions posées.

Dans l’ensemble, les copies sont lisiblement écrites même si quelques feuilles difficilement déchiffrables sont encore à déplorer. Bien que non explicitement demandés, des dessins et schémas ont été proposés comme bases de réponse, ce qui est une excellente initiative, surtout quand ils sont assez clairs, soignés, complets et justes. Il a aussi malheureusement été remarqué cette année une certaine propension à ne pas prendre position dans les réponses, avec comme résultat un ou plusieurs paragraphes proposant tout et son contraire, laissant donc le choix au correcteur... qui va très vite ne retenir que l’absence de cohérence et pas la présence aléatoire d’une portion de “bonne réponse”.

Les questions “faciles” pouvaient rapporter des points aux chasseurs de points (comportement tout à fait légitime pour un concours), mais elles permettaient surtout de poser calmement les bases pour aborder et réussir les questions suivantes plus complexes et “rémunératrices”.

Bien qu’apparemment peu calculatoire hormis pour les questions 4.2.2 et 4.2.3, le sujet nécessitait la maîtrise des conversions d’unités et des calculs simples à plusieurs endroits pour être en capacité de répondre convenablement.

Les quatre parties du sujet sont présentées dans la suite de ce rapport avec des éléments de correction et, sans chercher à faire un catalogue des « perles du concours », les obstacles les plus fréquemment rencontrés sont signalés.

2/ Remarques partie par partie

2.1/ Il faut le fer

Ayant pour fil conducteur l'élément "fer", les trois exercices de cette partie étaient indépendants.

Le premier exercice comparait les états du fer dans les météorites (réduit) et les latérites (oxydé) mais aussi les composition en éléments accompagnateurs que sont le cobalt et le nickel. Les artefacts de l'Âge de Bronze ont un fer d'origine extraterrestre (fer réduit, "facile" à transformer et modeler en l'absence de la maîtrise des processus de réduction nécessitant de hautes températures). À l'Âge du Fer, la fabrication de quelques objets en fer d'origine extraterrestre montrait la réutilisation d'objets plus anciens plutôt que la chute d'une sidérite près du lieu de fabrication.

La principale cause d'échec à cet exercice est la "difficulté" de conversion des % (10^{-2}) en ppm (10^{-6}) ainsi que le placement des valeurs en nickel sur un axe gradué selon une échelle logarithmique.

Le deuxième exercice avait pour thématique la différenciation de la Terre vue par les météorites, les chondrites donnant la composition globale de la Terre, les sidérites représentant le noyau de fer et les pallasites illustrant la plongée du fer dans un manteau de péridotite pour aller former le noyau central.

Les principes de conservation de masse et de réservoirs permettaient de répondre aux questions... notions pas toujours bien maîtrisées.

Le troisième exercice se basait encore sur le principe de conservation de la masse ($m=m_0$) avec $m=c.v.d$. La suite nécessitait d'appréhender les notions d'enrichissement chimique relatif (élément moins exporté que les autres) ou absolu (élément importé et/ou plus importé que les autres). Dans le cadre d'une altération isovolume, la variation de densité reflète directement la balance import/export globale de l'altération dans l'horizon concerné : un élément immobile verra sa concentration varier selon le rapport des densités initiale/finale. En cas de compaction, la concentration d'un élément immobile variera selon le rapport des densités initiale/finale et du rapport volumes final/initial.

Cette compréhension des causes possibles de variation des concentrations élémentaires dans un profil d'altération, devait servir à comprendre que, à titane immobile, la cuirasse était compactée mais pas l'horizon argileux. Dans la cuirasse, Fe, Co et Ni ont été accumulés par lessivage d'horizon sus-jacents aujourd'hui disparus. Dans l'horizon argileux, les accumulations métalliques ne peuvent pas résulter de l'altération de la roche mère sous-jacente car les éléments seraient plus concentrés à la base du profil (moins altérée). L'origine de ces accumulations est une remobilisation depuis la cuirasse avec migration plus ou moins importante selon la mobilité (le fer, moins mobile, ne va pas très loin alors que du nickel migre jusqu'à la base de l'horizon argileux).

2.2/ Une île pas si fixe

Ce court exercice était un exercice d'observation cartographique.

L'île du Sud est traversée par une faille transformante dextre prolongée au Sud-Ouest et au Nord-Est par des subductions de vergences opposées expliquant la présence de volcanisme affectant l'île du Nord avec une extension océanique de type arrière-arc au Nord-Est (subduction de la plaque Pacifique sous la plaque indo-australienne).

Le terme de "faille transformante" a trop peu souvent été donné alors que l'accident majeur à caractériser correspondait parfaitement à sa définition : limite de plaque lithosphérique en coulissage.

2.3/ Une subduction volcanique

Cet exercice mêlait cartographie, connaissances sur le volcanisme en zone de subduction et réflexion géométrique simple.

La notion de point triple est assez connue mais les noms des plaques lithosphériques ne sont que très rarement donnés, des noms inattendus (Eurasie, Australie, Caraïbes...) voire inédits (Atlantique, Pacifique Ouest/Nord/Sud) ont généralement été proposés pour désigner les plaques Pacifique, Nazca, Antarctique et Sud-américaine. La source crustale du magma adakitique a souvent été déduite des informations fournies. Plus rares sont ceux qui ont expliqué les différences de vitesses de subduction par la présence de la dorsale Antarctique / Nazca. Si la remontée du point triple vers le Nord a assez souvent été proposée, ce fut rarement avec une explication claire (comme certains, rattachant le point triple à la plaque Antarctique, ont proposé son déplacement vers le Sud, il y a fort à parier qu'une partie de ceux qui ont proposé son déplacement vers le Nord sans le justifier l'ont fait en "fixant" ce point à la plaque Nazca et non pas en ayant effectué la bonne démarche). Quelques personnes sont allées jusqu'au calcul de la vitesse de remontée du point triple (une certaine marge était acceptée tant que les données du calcul étaient clairement exprimées).

2.4/ Isotopes et fractionnement

Le premier exercice permettait de se familiariser avec les fractionnement et les " δ ", d'en comprendre le sens. Cette entrée en douceur a posé peu de problèmes à ceux qui y ont répondu.

Le deuxième exercice proposait une approche pas à pas de calcul d'évolution isotopique de l'eau de pluie à partir d'un réservoir non renouvelé. Ensuite, un calcul plus élaboré permettait d'aborder les fractionnements plus poussés. Enfin, il fallait comprendre qu'à partir de vapeur "intertropicale", les fractionnements sont de plus en plus forts lorsqu'on s'éloigne de la source, c'est-à-dire vers les hautes latitudes et en s'éloignant des côtes.

Les calculs ont assez peu été menés avec succès même quand le principe de bilan de masse était compris.

Le troisième exercice proposait une application du fractionnement isotopique de l'eau de pluie à l'étude des glaces polaires et lors des épisodes de glaciations. Les glaces étant constituées d'eau "appauvrie" en ^{18}O , l'accumulation de glaces lors des périodes glaciaires induit un enrichissement en ^{18}O de l'eau de mer. Un maximum de $\delta^{18}\text{O}$ pour l'eau de mer correspond donc à un maximum glaciaire. De simples calculs de conservation de masse permettaient de calculer les valeurs demandées pour les glaces fondues et pour l'eau de mer après fonte de glaces.

De nombreuses réponses ont étonné les correcteurs car si certains n'ont pas trouvé la relation entre glaciations et $\delta^{18}\text{O}$, nombreux parmi ceux qui sont arrivés à la bonne relation l'ont utilisée "à l'envers" pour l'analyse de la courbe, voire, une fois dans un sens et une fois dans l'autre.