

# Banque BCPST InterENS-ENPC-Mines

## Session 2023

Rapport de jury sur l'épreuve orale de sciences de la Terre

Écoles concernées : ENS de Lyon, ENPC, Mines de Paris

Juillet 2023

### Membres du jury

- Samuel Angiboust, professeur des universités, ENS de Lyon
- Alexandre Aubray, professeur agrégé, Aix-Marseille Université
- Cécilia Cadio, maitresse de conférences, Université de Montpellier
- Olivier Dequinsey, professeur agrégé, ENS de Lyon
- Stéphanie Durand, chargée de recherche CNRS, Université de Lyon
- Gweltaz Mahéo, maitre de conférences, Université de Lyon
- Guillemette Ménot, professeure des universités, ENS de Lyon
- Patrick Thollot, professeur agrégé, ENS de Lyon

### Données numériques de l'épreuve

#### *Coefficients (en % du total d'admission)*

- ENS de Lyon : Option biologie 8,3 %, Option géologie 13,2 %
- ENPC : 8,8%

#### *Statistiques*

Pour comparaison les valeurs 2022 et 2021 suivent entre parenthèses en italiques

- Nombre de candidats auditionnés : **158** (*160 ; 148*)
- Moyenne : **12,0** (*12,54 ; 12,22*)
- Écart-type : **2,94** (*3,08 ; 3,21*)
- Note minimale : **4** (*3 ; 6*)
- Note maximale : **20** (*20 ; 19*)
- Notes supérieures ou égales à 14 : **31,65 %** (*35,63 % ; 33,78 %*)

### Commentaires concernant l'épreuve d'oral Sciences de la Terre 2023

#### *Le rapport du jury et son intérêt*

Ce rapport fait l'inventaire des attentes du jury et des erreurs courantes commises par les candidats. Il constitue donc une aide essentielle pour les candidats des différentes prépas et leurs enseignants. Il a pour vocation à être lu, et son contenu compris dans ce qu'il implique, par toute candidate ou tout candidat se destinant potentiellement à l'ENS de Lyon dès la première année de BCPST. En effet, le jury est attaché à certains fondamentaux comme la, ou plutôt les, démarche(s) scientifique(s), ainsi que la connaissance des objets naturels et des résultats expérimentaux au moins autant que les modèles et résumés de cours. Correspondre à ces attentes implique en partie des stratégies d'apprentissage spécifiques et une priorisation du développement de ces compétences qui

gagnent à être appliquées au plus tôt dans la préparation. Du reste, il semble au jury que cette remarque ne devrait pas être spécifique à la préparation aux ENS, mais valable pour tous les concours que l'ont peut présenter en fin de BCPST.

Le concours d'entrée BCPST de l'ENS de Lyon est certes exigeant mais il est accessible. Un travail stratégiquement réfléchi sur les deux, voire trois, années de BCPST devrait permettre à tout élève sérieux d'acquérir un socle de connaissances solides en géosciences, et de développer les compétences d'argumentation et de réflexion recherchées et valorisées par le jury. Les élèves intéressé(e)s par une formation à l'ENS de Lyon ne doivent pas s'autocensurer, quels que soient leur lycée ou région d'origine.

Nous rappelons aussi que le concours BCPST n'est pas l'unique voie d'accès à nos formations pour les élèves en deuxième année de BCPST et encourageons les candidates et candidats au concours intéressés par une formation à la recherche ou l'enseignement, notamment, à déposer un dossier de candidature au diplôme de l'ENS de Lyon. Enfin, les élèves de première année de BCPST qui se réorienteraient à l'issue de leur première année vers une licence en sciences de la Terre peuvent en plus candidater au second concours de l'ENS de Lyon à l'issue de leur L2, voire de leur L3.

### ***L'épreuve orale de sciences de la Terre***

Aucune modification n'a été apportée au déroulé de l'épreuve en 2023. Le descriptif qui suit est donc quasi-identique à celui de 2022, à quelques explicitations près.

L'épreuve de Sciences de la Terre dure 1 h 30 et s'organise en 2 parties enchaînées devant 2 examinateurs successifs. Un oral de cours avec 30 minutes de préparation puis 30 minutes de présentation et discussion précède un oral de compétences pratiques avec 30 minutes de discussion sans préparation.

La première partie, l'oral de cours, est une interrogation « au tableau » devant un(e) membre du jury. Les sujets sont extraits des thématiques du programme de BCPST. Lorsqu'un(e) candidat(e) prépare, un(e) présente, c'est pourquoi chacun(e) dispose d'un demi-tableau pour sa prestation. Le jury attend un plan (ou une carte mentale...) accompagné de schémas clairs et légendés sur lequel le/la candidat(e) s'appuie pour son exposé. Quelques documents généraux (carte géologique de la France au millionième ; cartes du monde, topographique et géologique...) sont à disposition du candidat durant les temps de préparation et de présentation pour servir de support éventuel, si le sujet s'y prête. Le/la candidat(e) a le temps de dérouler son exposé, d'une traite ou non selon que le jury décide ou non de l'interrompre pour demander des compléments ou parfois réorienter la démarche, ou faire réagir le/la candidat(e) en lui soumettant des éléments supplémentaires, avant de le/la laisser poursuivre.

La seconde partie, l'oral pratique, assurée par un(e) autre membre du jury, suit immédiatement la précédente dans une salle voisine. Sans préparation, le/la candidat(e) décrit, explique les objets auxquels il/elle est confronté(e) : cartes variées à toutes échelles, échantillons de roches, documents numériques (photographies, graphiques, tableaux...). Cette épreuve permet à la candidate ou au candidat de mettre en avant ses capacités d'analyse, d'argumentation, d'interprétation et de contextualisation plus large des objets pris en main. En réaction, le jury peut orienter la discussion pour affiner une détermination ou au contraire pour élargir la discussion.

### ***Rappel sur les attentes du jury***

Lors de cette épreuve, le jury évalue les candidates et candidats selon des critères qui sont, entre autres : (1) la capacité à construire un discours scientifique argumenté, suivant une démarche adaptée à la formulation du sujet proposé d'une part et clairement explicitée d'autre part, (2) le respect d'une approche dans laquelle les notions sont autant que possible amenées à partir d'objets concrets naturels ou de résultats expérimentaux, (3) la maîtrise des connaissances en sciences de la Terre, s'appuyant sur des bases sûres (pas nécessairement « poussées ») en physique, chimie et mathématiques, (4) les qualités de communication visuelle (schémas, croquis, etc. au tableau) et orale (posture, clarté du propos, capacité d'écoute et d'interaction avec l'examineur), (5) les compétences d'analyse d'objets variés (échantillons, cartes, images...), (6) la réactivité devant un objet ou un problème inconnu, voire devant une erreur mise en évidence par le jury.

### ***Les prestations des candidats et l'interaction avec le jury***

La plupart des candidat(e)s, déjà sélectionné(e)s par les épreuves écrites, connaissent l'essentiel des concepts de géosciences au programme des classes de BCPST. Se démarquent d'un côté celles et ceux qui savent réellement les expliquer, les combiner, les exploiter pour répondre à des questions spécifiques, en montrant ainsi une véritable maîtrise et un recul certain, et de l'autre celles et ceux qui n'ont malheureusement pas encore su développer assez de compétences intégrées en géosciences pour leur permettre de répondre au sujet et réagir aux objets proposés par le jury.

Parmi les candidat(e)s plus fragiles, le jury déplore toujours quelques prestations vraiment indigentes, avec des candidat(e)s n'ayant que de rares connaissances théoriques de base, mal maîtrisées, sans lien avec les observations ou avec d'autres notions scientifiques (physique, chimie), ou n'étant pas capables, devant un échantillon, d'exprimer plus que des notions vagues et générales ne permettant pas d'interpréter l'objet.

Exceptionnellement, le jury est confronté à un(e) candidat(e) qui ne parvient hélas pas à illustrer le sujet au tableau et reste passif face à son sujet ou aux objets soumis à l'épreuve pratique, ne répondant que phrase par phrase aux questions du jury. Ce type de prestation est difficile à expliquer pour une personne sortant de deux ou trois années de préparation et en pleine possession de ses moyens, et le jury ne peut que rappeler aux candidat(e)s la nécessité de préserver leur santé tout au long de leur préparation et des épreuves des concours pour arriver en bonne forme physique et mentale à toutes les épreuves orales des différents concours.

### ***Respect des sujets posés et d'une démarche naturaliste***

Le jury a apprécié d'avoir, avec un nombre certain de candidat(e)s, des échanges montrant un réel recul critique sur les notions (avec des liens entre les différents chapitres du programme) et (quand le sujet s'y prêtait) une mise en perspective avec les grandes problématiques environnementales et sociétales liées aux sciences de la Terre.

Cependant, encore trop de candidat(e)s font preuve d'une réaction comparable à celle d'un mauvais moteur de recherche, par laquelle un mot-clé du sujet proposé (par exemple « magmatique ») semble déclencher l'ouverture dans leur tête du « dossier » correspondant

(l'ensemble des cours reçus sur le magmatisme), dont le contenu est aussitôt reporté sur le tableau via quelques schémas plus ou moins rigoureux, et un plan qui ne répond hélas pas à la formulation, et donc à la problématique du sujet proposé.

Les formulations parfois originales des sujets visent à *stimuler la réflexion personnelle* des candidat(e)s, en les incitant souvent à mobiliser des connaissances plus larges que celles du cours correspondant au premier mot-clé du sujet. Les candidat(e)s ne faisant pas spontanément cet effort de réflexion personnelle, de mobilisation et de hiérarchisation des connaissances, sont logiquement moins valorisés que ceux qui le font. Toutefois, le jury peut alors, en engageant la discussion, réorienter les candidat(e)s vers un traitement plus adéquat du sujet, aboutissant parfois à une prestation très satisfaisante.

Le jury insiste sur ce point : la candidate ou le candidat qui percevrait une remise en cause de sa démarche par le jury dès les premières minutes *ne doit donc pas baisser les bras*, et au contraire *saisir cette occasion* de montrer ses capacités en s'engageant dans la démarche soumise par le jury, souvent d'ailleurs en mobilisant les mêmes connaissances que ce qu'elle ou il avait prévu !

Trop souvent, et même si de nombreux intitulés incitent à une démarche, les synthèses constituent des briques de cours agencées plus ou moins adroitement, et rarement au service de la résolution de la problématique que pose l'intitulé du sujet. Cela va parfois même jusqu'à des candidat(e)s qui « tordent » les sujets pour en traiter un autre (par exemple le sujet « Les processus à l'origine du relief » a été réduit/transformaté en « Les chaînes de montagnes » !).

Il est dommage, tant dans l'épreuve d'exposé qu'à l'épreuve pratique, de faire d'abord appel à une explication par les modèles avant de présenter les données et les faits. C'est particulièrement le cas en magmatisme où sont mobilisés les concepts de chambre magmatique et de différenciation magmatique alors qu'un trop grand nombre de candidat(e)s sont incapables de citer les minéraux présents dans les roches magmatiques du programme. C'est aussi le cas de l'altération et de l'érosion des paysages, pour lesquels les processus précèdent souvent les constats de terrain, quand ils sont connus. Les processus tectoniques donnent aussi souvent lieu à une interprétation directe en ellipsoïde des contraintes avant les analyses des structures et des déformations et sans les précautions de transfert entre déformations et contraintes.

Souvent, les candidat(e)s proposent, de façon bienvenue, une observation concrète pour lancer leur exposé. Ce n'est malheureusement dans la majorité des cas qu'un habillage formel, et oublié après quelques phrases, suivies d'un exposé uniquement théorique, et qui ne revient que rarement à l'observation initiale.

Rappelons ici que les concepts, modèles et théories, en géosciences comme ailleurs, émergent à partir d'observations directes ou indirectes, permettent de les décrire de manière qualitative et quantitative, et de les expliquer par des mécanismes physiques et chimiques élémentaires, compris et contraints grâce, notamment, à des résultats expérimentaux obtenus en conditions contrôlées. Si les modèles permettent de mieux expliquer le réel, c'est parce que le réel les questionne toujours en retour. Les modèles que « racontent » les candidat(e)s ont été construits à partir d'observations et peuvent devenir (si ce n'est déjà le cas !) obsolètes si de nouvelles observations « posent problème ».

Les candidat(e)s doivent être capables de montrer qu'elles ou ils ont compris que les sciences de la Terre ne sont pas des sciences purement théoriques et déconnectées des

objets et des processus observables, ni bien sûr des « sciences naturelles » uniquement descriptives. Pour cela, une culture minimale sur les objets et phénomènes naturels, à toutes les échelles de temps et d'espace (du cristal à la province géologique ; de la seconde aux millions d'années), est indispensable, afin d'y confronter efficacement les modèles. Il faut donc, autant que les modèles, apprendre les éléments du réel, qui ne sont pas que des exemples « illustratifs » dans les cours et TP mais bien les fondements des questionnements et des démonstrations sans lesquels les modèles ne tiennent pas !

### *Sur la partie pratique de l'épreuve*

Cette épreuve est l'occasion d'évaluer les réactions des candidat(e)s face à des supports « classiques » (granite, carte au 1/50 000<sup>e</sup>, etc.) ou plus atypiques (photographie d'affleurement, carte structurale d'un océan, etc.). Il est donc important que les candidat(e)s n'hésitent pas à réfléchir à haute voix, à proposer des réponses, quitte à se tromper pour mieux avancer à l'aide de l'échange avec le jury. Cette partie étant un échange avec le jury, il est fondamental que la ou le candidat(e) fasse preuve d'un certain dynamisme et d'une réactivité suffisante.

Quand il s'agit de décrire les supports proposés, un certain nombre de candidat(e)s se focalise sur les détails avant de présenter les observations ou tendances générales. Ainsi le repérage des échelles, des structures, des couleurs des terrains sur une carte géologique, des axes d'un graphique etc. devrait plus souvent débiter l'analyse.

Quelques candidat(e)s ont manifestement déjà croisé des « cailloux », les reconnaissent et arrivent à proposer une description et une interprétation pertinentes. Il y a souvent de bonnes observations, une méthode, mais pas toujours de résultats par manque de culture pétrologique. Ce n'est pas rédhibitoire si, quand le jury donne un coup de pouce, la ou le candidat(e) réagit et continue à avancer dans l'analyse. Ça l'est plus quand, par exemple, une roche inconnue, plus tendre que le quartz et laissant un goût salé sur la langue, fait parler d'altération de granite et de formation d'une bauxite ! De même quand un gabbro est reconnu au premier abord puis qu'en guise de confirmation on recherche de l'orthose et du quartz...

En cartographie, de nombreux(ses) candidat(e)s semblent maîtriser les bases (terrains selon les âges, repérage de la topographie – courbes de niveau et points cotés) et arrivent à voir des structures de base (failles, points triples, etc.) et à faire quelques interprétations. Celles-ci semblent cependant parfois comme « aspirées » par les seuls éléments déjà connus et appris : par exemple, les structures languedociennes et provençales sont systématiquement associées aux Alpes comme si les Alpes étaient, par défaut, à l'origine de *toutes* les structures géographiquement proches. Si la règle du V dans la vallée est mentionnée, son application cartographique (ou sur photo satellite) pose souvent un problème. Sur des cartes à plus petite échelle, on entend hélas encore trop parler de « plaque Atlantique », encore qu'on réalise l'incohérence de repérer ensuite une dorsale – limite de plaque – au milieu de celle-ci. Dans le même esprit, les limites de plaques continentales sont des marges actives... ou des marges passives – révélant une confusion entre bordures de continent et de plaque !

Une certaine faiblesse est toujours sensible dans l'étude de photographies d'affleurements ou de paysages. Il faut parfois longtemps avant de proposer si les lignes vues sont de la stratification, de la schistosité, une discordance, des stries... Des objets pourtant

« classiques » comme les moraines glaciaires ou des empilements de trapps sont difficilement reconnus.

Bien souvent des relations de causalité « par défaut » sont proposées (pas toujours cohérentes) au lieu de d'abord rechercher explicitement des corrélations et de procéder par étapes en proposant plusieurs causalités possibles (permettant ainsi d'éliminer les moins parcimonieuses/cohérentes).

L'utilisation d'un globe terrestre comme support de questionnement donne souvent lieu à des mouvements de l'axe de rotation terrestre dignes des pires films catastrophes.

Enfin, le questionnement sur des objets ou processus au programme mais appliqué à des structures planétaires montre de faibles capacités de transfert des connaissances et d'application à la résolution de nouveaux problèmes dès lors qu'on quitte le cadre confortable de ceux déjà résolus en prépa avec la Terre pour objet (lien volume de la planète-activité interne, circulations atmosphériques planétaires, datation relative...)

Les candidat(e)s doivent, au-delà de l'apprentissage des objets, processus, notions au programme, rester ouverts à la possibilité – et au fait ! – que le monde ne se réduit pas à ce qu'ils ont vu en prépa. Cela leur permettra de transposer leurs compétences d'analyse sur les objets parfois originaux soumis par le jury, qui ne cherche pas à piéger sur un objet inconnu – ce qui ne lui permettrait aucune évaluation intéressante – mais au contraire à permettre aux candidat(e)s de démontrer des capacités pertinentes chez de futures chercheuses et futurs chercheurs, notamment.

### *Quelques faiblesses relevées*

La liste qui suit n'a pas vocation à être exhaustive. Elle ne reflète pas non plus les prestations globales des candidat(e)s, ces éléments ayant presque tous été entendus face à des candidat(e)s différent(e)s. Elles peuvent aider les élèves de prépa, et leurs enseignant(e)s, à repérer les notions qui ont le plus de mal à être correctement comprises, assimilées, et réutilisées au service d'un discours scientifique. Certaines notions fausses que le jury a pu entendre semblent pouvoir être héritées soit de réelles conceptions initiales jamais remises en cause au cours de la scolarité, soit issues d'apprentissages autonomes « négatifs » qui ont pu s'inscrire passivement dans les esprits parce qu'ils n'ont pas fait spécifiquement l'objet d'un enseignement « positif » ciblé, comme un certain nombre de méthodes de mesure ou d'analyse, notamment.

Les candidat(e)s ont trop tendance à cloisonner leurs connaissances ; si une approche naturaliste est essentielle pour présenter les observations et les données de beaucoup de domaines, une utilisation des bases de physique-chimie et de mathématique est un outil essentiel pour la compréhension des processus et la construction des modèles.

Sur les figures proposées au tableau, il est regrettable que les ordres de grandeur et les échelles soient trop souvent absents. Sur les diagrammes usuels (diagramme Total Alcalins–Silice, diagramme de Hjulström, etc.) le jury attend a minima que la grandeur rapportée sur chaque axe soit indiquée (par exemple « %SiO<sub>2</sub> » ; « taille des grains »), avec un ordre de grandeur des variations représentées (par exemple « 45 – 70% » ; « échelle log, du µm au m »).

Lorsque le sujet invite à utiliser la carte géologique de la France ou se prête à l'utilisation des cartes présentes dans la salle (carte géologique de la France, carte géologique du

monde, carte de la bathymétrie des fonds océaniques, carte du flux de chaleur mondial), il est regrettable que les candidat(e)s ne les utilisent pas.

Suivent quelques constats faits ces deux dernières années :

- la minéralogie des roches au programme n'est souvent pas bien maîtrisée, même au premier ordre (feldspaths, pyroxènes, amphiboles, micas) ;
- la chimie des minéraux non plus (la présence d'aluminium dans les feldspaths est parfois mentionnée quand demandée par le jury, mais très rarement dans les micas (muscovite), etc.) ;
- des confusions fréquentes entre la « silice », constituant chimique dans les analyses exprimées en poids d'oxydes (%SiO<sub>2</sub>), l'élément « silicium » Si, l'anion « silicate » SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup> formant des tétraèdres, ou la formule du minéral quartz SiO<sub>2</sub> ;
- les différents types de silicates ne sont pas connus, alors que cela devrait faire partie de la culture géologique de base (de surcroît quand l'échelle d'altérabilité et les séries de Bowen sont au programme) ;
- des arguments simples manquent pour illustrer la structure de certains minéraux (micas en plaquettes : phyllosilicates) ;
- la différence entre structure cristallisée et vitreuse (en gros quartz vs. obsidienne) est incertaine. Symptôme : on parle spontanément de « cristallisation » d'une obsidienne avant, la plupart du temps, de se reprendre.
- paramètres de contrôle de la forme et du nombre des cristaux dans une roche magmatique : la plupart des candidat(e)s pensent toujours à la vitesse de refroidissement et souvent à la cinétique de croissance des cristaux, pas au nombre de noyaux de nucléation (alors que cette notion est connue quand le jury la leur fait retrouver) ;
- les séries de Bowen reflètent-elles un ordre de cristallisation... ou de fusion ?
- Mais comment donc Bowen a-t-il établi « ses » séries ? De manière théorique selon les propriétés des éléments dans les cristaux (compatibilité) ? Ou des considérations thermodynamiques ? Ou peut-être par des expériences de fusion/cristallisation ? Ou serait-ce l'observation croisée d'échantillons naturels ? Le mystère reste entier...
- Malgré la connaissance des séries de Bowen, les olivines ne semblent pouvoir avoir comme origine que des péridotites mantelliques – à moins que le manteau ne soit constitué *que* d'olivine ? Ainsi un basalte porphyrique à olivines de la Réunion devient-il un basalte aphyrique porteur de dizaines de petites enclaves mantelliques mono-cristallines d'olivine détachées de leur péridotite... Peu parcimonieux !
- le concept de cristallisation fractionnée n'est pas toujours maîtrisé : confusion entre cristallisation fractionnée et ordre de cristallisation dans un magma immobile, d'où une difficulté à comprendre comment l'évolution de la chimie du liquide peut donner une roche différente si tout « reste ensemble » ;
- Les questions sur les roches rencontrées dans tel ou tel contexte donnent souvent pour réponse le nom de la série magmatique (pas toujours juste d'ailleurs) alors que sont attendues des roches et leurs compositions minéralogiques ;
- les localisations des chambres magmatiques sont souvent aléatoires : soit confondues avec les zones où s'initie la fusion partielle soit placées loin sous la croûte continentale ou océanique. En particulier, dans le cas des dorsales, les chambres magmatiques sont quasi systématiquement placées à une profondeur incompatible avec la mise en place d'une

croûte océanique (ce que généralement les candidat(e)s remarquent rapidement lors des discussions) ;

- L'hydrothermalisme des fonds océaniques n'est pas toujours bien identifié comme un transfert d'eau de l'océan à la lithosphère océanique ;
- ellipsoïde et géoïde sont souvent confondus, et parfois, le géoïde est une surface sur laquelle la pesanteur est constante ! Les candidats devraient savoir l'utilité fondamentale de chacun (définition des latitudes et longitudes pour le premier, de l'altitude zéro pour l'autre) ;
- on peut interpréter une anomalie de Bouguer sans pour autant être capable d'expliquer qu'une surface perpendiculaire à la pesanteur, elle-même verticale par définition, est donc horizontale ;
- l'utilité de calculer une anomalie à l'air libre d'une part, et les interprétations qu'on peut en faire, d'autre part, ne sont pas spontanément expliquées ;
- Plus généralement, la gravimétrie est souvent un concept vague qu'il semble nécessaire d'invoquer pour parler d'isostasie, mais sans argumenter son emploi pour démontrer les choses ;
- le modèle PREM est généralement bien connu mais l'origine des données reste vague : les hodochrones sont rarement mentionnées spontanément, quand elles ne sont pas inconnues ;
- Les hodochrones, quand elles sont connues correctement, sont rarement interprétées de manière à permettre l'obtention d'informations précises (évolution de la vitesse des ondes, caractéristiques de la zone d'ombre et dimension du noyau...) ;
- le trajet d'un rai sismique sur une coupe de la Terre est souvent schématisé avec la bonne allure, mais il est plus rare de voir bien expliquée cette allure par l'augmentation de vitesse en profondeur et les lois de Descartes ;
- la relation entre indice de réfraction et vitesse de l'onde traversant un milieu (l'un est l'inverse de l'autre), méconnue, bloque certain(e)s candidat(e)s quand il s'agit d'exprimer la loi de Descartes, connue sous sa formulation courante en physique (en indice), d'une manière utilisable en géosciences (en vitesse) ;
- l'étude des ondes sismiques se limite souvent à la « sismique réflexion » et à la « tomographie », méthodes pas toujours maîtrisées quand il s'agit de les expliquer ;
- les phases mantelliques profondes de l'olivine sont hélas plus souvent appelées « beta » et « gamma » que « wadsleyite » et « ringwoodite », et la bridgmanite, officiellement nommée en 2014, reste encore souvent la « pérovskite » : si le jury accepte les nomenclatures désuètes du moment que le fond est bien argumenté, il apprécie les exposés « à jour » (la ringwoodite a été nommée en 1969, la wadsleyite en 1982 !)
- le bilan de la transition ringwoodite → bridgmanite + magnésio-wüstite manque souvent du second minéral et n'est alors pas équilibré ;
- la tomographie sismique est citée à tort et à travers comme si elle était une méthode universelle pour avoir des renseignements sur l'état du manteau : où il y a de la fusion partielle, pour connaître la température, pour détecter des discontinuités sismiques...
- le concept de couche limite thermique de la convection n'est pas toujours bien compris ;
- les cellules de convection mantelliques avec branche ascendante sous les dorsales sont encore là chez certain(e)s candidat(e)s, alors que cette erreur est signalée dans la plupart des millésimes de ce rapport depuis des années ;
- la dynamique des panaches mantelliques chauds reste méconnue : même si elle est en marge du programme, elle permettrait pourtant d'éclairer ces formations, connues des



- candidat(e)s que sont les trapps et les îles de points chaud, par la distinction entre tête et queue de panache ;
- le processus de rifting actif n'est pas compris et, plus gênant, les termes « actif » et « passif » sont associés aux rifts (les structures) et non au rifting (le processus), sans nuance entre les modèles et la réalité de terrain ;
  - la cellule à enclume de diamants est systématiquement présentée dès qu'il est question d'expérimentation, même pour la déformation des roches crustales ;
  - les candidat(e)s sont parfois surpris(es) quand on leur demande comment on déterminait les mouvements des plaques avant l'ère du GPS ;
  - le principe du GPS reste aussi souvent mystérieux : un satellite serait impliqué... ou plusieurs ? En orbite basse ou plus haut ? Et combien ? 3 ? Ou 4 ?
  - les méthodes d'acquisition des données pétrologiques et géochimiques sont mal connues (XRF, spectrométrie de masse, presse gros volume...) ;
  - Le modèle du cycle sismique n'est pas toujours bien connu ni le lien entre rhéologie de la lithosphère et sismicité ;
  - Les séismes sont quasi-systématiquement associés à des limites de plaques (malgré l'actualité sur la sismicité de la France métropolitaine – séisme en Vendée le 16/06/2023) et le lien entre faille et séisme semble être une révélation pour certains candidats ;
  - les conditions d'obtention de l'ellipsoïde des contraintes à partir de l'ellipsoïde des déformations sont mal comprises ;
  - le lien entre déformation ductile et métamorphisme n'est pas souvent clairement établi ;
  - les notions de rhéologie ne sont pas toujours bien assimilées, notamment les bases physiques ;
  - les notions de cisaillement simple/pur et déformation co-axiale ou non co-axiale sont souvent connues mais leur reconnaissance sur un échantillon est problématique. Le fait que la présence d'une linéation d'étirement implique nécessairement un cisaillement simple n'est apparemment pas connu.
  - les processus d'altération à l'échelle des minéraux sont difficilement reliés à ce qu'ils induisent à l'échelle des paysages (cela a par exemple été flagrant sur le cas des chaos granitiques) ;
  - La bauxite est souvent présentée comme issue de l'altération poussée d'une roche sans qu'on soit capables de préciser laquelle, ni même dire qu'il s'agit d'une roche silicatée ;
  - La dynamique sédimentaire des estuaires et deltas est parfois très imprécise. Le courant de dérive littorale semble inconnu ;
  - Les effets des processus d'érosion mécanique à l'échelle du minéral ne sont pas toujours bien compris ;
  - Les termes d' « érosion » et de « transport » semblent souvent considérés comme équivalents (même quand le jury fait remarquer qu'ils correspondent à deux domaines différents du diagramme de Hjulström) ;
  - Les marges passives ne sont pas toujours identifiées comme étant des bassins sédimentaires ;
  - Les marges passives sont souvent présentées comme des limites de plaques ;
  - Les différentes modalités de la subsidence ne sont pas comprises ;
  - Le lien entre relief et tectonique et entre relief et isostasie est difficilement fait ;
  - La géométrie des zones de marge passive précédant la subduction de la lithosphère océanique est rarement mentionnée : l'initiation d'une subduction semble avoir dû résulter

d'une rencontre entre deux plaques différentes, sans tirer pour conséquence que si tel avait été le cas, il y aurait eu une zone sans plaque avant la subduction. La subduction n'est pas liée à une rencontre mais à une rupture... ;

- les coupes géologiques schématisées d'échelle crustale et lithosphérique, en particulier de zones de collision continentale, sont souvent fantaisistes avec confrontation de blocs sans sous-charriages, ou alors avec de telles exagérations verticales (non légendées) que les pendages apparents deviennent loufoques (écaillés crustales empilées à plus de 60° !).
- les notions de stratotype d'unité et de stratotype de limite ne sont pas toujours claires ;
- Les connaissances des fossiles mentionnés dans le programme ne sont pas toujours présentes ;
- Les objets (minéraux, roche totale) sur lesquels sont réalisés la datation absolue sont rarement mentionnés ;
- Les courbes Concordia et Discordia sont rarement bien expliquées et donnent lieu à une lecture automatique des âges des intercepts sans compréhension de l'obtention de ces courbes : la définition paramétrique de la Concordia suivant la croissance à vitesses différentes des deux isotopes fils au cours du temps n'est pourtant pas une notion insurmontable pour des élèves de BCPST ;
- Les circulations atmosphériques présentent souvent des directions uniquement expliquées par le gradient de pression ;
- Le lien entre l'accélération de Coriolis et l'existence de trois cellules de convection atmosphérique est rarement compris ;
- L'accélération de Coriolis et son rôle sur la trajectoire des vents et des courants n'est pas du tout comprise : « Coriolis » (avec un ou deux -r selon l'humeur) devient un mot magique qui « explique » les trajectoires par sa seule mention. Ensuite, le sens de déviation, c'est à pile ou face et une fois sur deux, c'est bon... Si l'expression de l'accélération d'un objet dans un référentiel tournant n'est pas explicitement au programme de physique de BCPST, l'explication « avec les mains » basée sur la conservation de la quantité de rotation autour de l'axe terrestre est à la portée d'élèves de BCPST ;
- les candidat(e)s ont beaucoup de mal à exprimer les relations entre les mouvements atmosphériques, pressions au sol et ceintures climatiques, ne serait-ce qu'en France métropolitaine (vents d'ouest dominants pourtant régulièrement entendus à la météo !) ;
- le transport d'Ekman et plus généralement les notions en lien avec les circulations océaniques et atmosphériques sont souvent mal maîtrisées (dans El Niño les « vents poussent l'eau ») ;

### *Quelques exemples de sujets de synthèse*

Comment étudier le manteau terrestre ?

Comment étudier une province métamorphique ?

Comment expliquer la diversité des roches magmatiques ?

Comment reconstituer les paléoenvironnements ?

D'un phénomène géologique aux risques qu'il pose.

Des cristaux aux planètes, comment dater les objets d'étude des géosciences ?

De l'océan aux volcans des zones de subduction : histoire d'une molécule d'eau

Du terrain à la carte

La distribution de l'énergie solaire reçue sur Terre et son devenir

Le couplage des méthodes de datations relatives et absolues pour obtenir la chronologie d'évènements sédimentaires, magmatiques, métamorphiques et tectoniques  
Les littoraux, des interfaces entre l'océan et le continent  
Les processus à l'origine des reliefs  
Les transferts d'énergie entre l'océan (contenu) et les autres enveloppes  
Modifications anthropiques des flux et réservoirs de carbone et conséquences  
Quelles informations apporte l'étude des séismes ?  
Sources et transferts de chaleur dans les enveloppes de la Terre : mise en évidence, mécanismes et conséquences  
Vie et mort d'une chaîne de montagnes

***Quelques exemples d'objets, cartes, photographies, etc.***

- roches : chronologie relative à partir d'échantillons, discussions sur les processus de déformation, discussion sur les modalités de formation de roches sédimentaires
- cartes : nature et datation de structures tectoniques, chronologie relative, détermination de gradients métamorphiques, environnements de dépôts de roches sédimentaires, reconstitution de paléoclimats, lien avec l'histoire géologique de France
- photographies : structures volcaniques, structures tectoniques à différentes échelles, morphologies sédimentaires, morphologies liées à l'altération-érosion des roches, vues satellites, quantification de mouvements...
- documents : carte de salinité de l'océan, cartes topographiques, modélisations numériques (dynamique interne du globe, paléoclimats...), diagrammes de phases, expériences de pétrologie expérimentale, analyse de carottes de sédiments/glaces, d'affleurements, pour identifier des cyclicités, notamment climatiques, caractéristiques physiques des limites de plaques...