

Banque BCPST InterENS-ENPC

Session 2022

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

Écoles concernées : ENS de Lyon, ENPC

Juillet 2022

Membres du jury

- Samuel Angiboust, professeur des universités, ENS de Lyon
- Alexandre Aubray, professeur agrégé, Aix-Marseille Université
- Olivier Dequincey, professeur agrégé, ENS de Lyon
- Stéphanie Durand, chargée de recherche CNRS, Université de Lyon
- Cyril Langlois, professeur agrégé, ENS de Lyon
- Gweltaz Mahéo, maitre de conférences, Université de Lyon
- Guillemette Ménot, professeure des universités, ENS de Lyon
- Bruno Reynard, directeur de recherche CNRS, 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 la valeur 2021 est fournie entre parenthèses en italiques

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

Commentaires concernant l'épreuve d'oral Sciences de la Terre 2022

L'épreuve et le rapport

Aucune modification n'a été apportée au déroulé de l'épreuve. Cette dernière 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 ». Les sujets sont extraits des thématiques du programme de BCPST. Lorsqu'un candidat prépare, un autre présente, c'est pourquoi chacun dispose d'un demi-tableau pour sa prestation. L'examineur attend un plan (ou une carte mentale...) accompagné de schémas clairs et légendés sur lequel le candidat 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 candidat a le temps de dérouler son exposé, d'une traite ou non selon que l'examineur décide ou non de l'interrompre pour demander un complément ou préciser une notion avant de poursuivre.

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

Ce rapport faisant l'inventaire des attentes du jury et des erreurs courantes commises par les candidats, il constitue une aide essentielle pour les candidats des différentes prépas et leurs enseignants. Le concours d'entrée BCPST de l'ENS de Lyon est certes exigeant mais il est accessible, les qualités de réflexion étant un point particulièrement valorisé. Ainsi les étudiants intéressés par une formation à l'ENS de Lyon ne doivent pas s'autocensurer, quelle que soit leur prépa d'origine.

Rappel sur les attentes des examinateurs

Lors de cette épreuve, les examinateurs évaluent les 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 l'examineur.

Les prestations des candidats et l'interaction avec le jury

La plupart des candidats, déjà sélectionnés par les épreuves écrites, connaissent l'essentiel des concepts de géosciences au programme des classes de BCPST. Les candidats qui se

démarquent sont, d'un côté, ceux qui savent réellement les expliquer, les combiner, les exploiter pour répondre à des questions spécifiques, montrant ainsi une véritable maîtrise et un recul certain, et de l'autre ceux qui n'ont malheureusement pas encore su développer assez de compétences en géosciences pour leur permettre de répondre au sujet et aux objets proposés par les examinateurs. Parmi ces candidats plus fragiles, le jury a remarqué, peut-être plus que les années précédentes (effet « covid » ?), quelques prestations vraiment indigentes, avec des candidats 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.

Le jury a apprécié d'avoir, avec un nombre certain de candidats, 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 candidats font preuve d'une réaction comparable à celle d'un moteur de recherche informatique, par laquelle un mot-clé du sujet proposé (par exemple « magmatique ») semble déclencher l'ouverture dans leur tête du « tiroir » 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 exacte du sujet proposé.

Les formulations parfois originales des sujets proposés visent à stimuler la réflexion personnelle des candidats, en les incitant souvent à mobiliser des connaissances plus larges que celles qui seraient contenues dans le premier résultat d'une recherche informatique par mot-clé parmi leurs cours. Les candidats 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, l'examineur peut alors, en engageant la discussion, réorienter les candidats vers un traitement plus adéquat du sujet, aboutissant parfois à une prestation très satisfaisante.

Respect des sujets posés et d'une démarche naturaliste

Trop souvent, et même si les 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 candidats qui « tordent » les sujets pour traiter un autre sujet (par exemple le sujet « Basaltes et granites » a été réduit/transformaté en « Croûte océanique et croûte continentale » sans que les candidats sachent le justifier lorsque la question leur est posée).

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 candidats 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.

De nombreux candidats proposent de façon bienvenue une observation concrète pour lancer leur exposé. Ce n'est malheureusement souvent qu'un habillage formel oublié après quelques phrases, alors que le candidat s'engage dans 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 en mieux expliquer le réel, c'est parce que le réel les questionne toujours en retour. Les modèles que « racontent » les candidats 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 candidats doivent être capables de montrer qu'ils ont compris que les sciences de la Terre ne sont pas seulement des « sciences naturelles » descriptives, ni des sciences purement théoriques et déconnectées des objets et des processus observables. 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.

Quelques faiblesses relevées

La liste qui suit n'a pas vocation à être exhaustive. Elle ne reflète pas non plus les prestations globales des candidats, ces éléments ayant presque tous été entendus face à des candidats différents. Elles peuvent aider les futurs candidats, et leurs enseignants, 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 quand 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 candidats 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 par les candidats, 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 « %SiO₂ » ; « 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 candidats ne les utilisent pas.

Suivent quelques constats :

- la minéralogie des roches au programme n'est pas bien maîtrisée par certains candidats, 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 (%SiO₂), l'élément « silicium » Si, l'anion « silicate » SiO₄⁴⁻ formant des tétraèdres, ou la formule du minéral quartz SiO₂ ;
- 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 aux candidats 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 : les candidats parlent 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 candidats pensent à la cinétique de croissance des cristaux et à la vitesse de refroidissement, mais aucun au nombre de noyaux de nucléation (alors qu'ils connaissent cette notion quand le jury la leur fait retrouver) ;
- les séries de Bowen reflètent-elles un ordre de cristallisation... ou de fusion ?
- le concept de cristallisation fractionnée 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 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 candidats remarquent rapidement lors des discussions).
- ellipsoïde et géoïde sont souvent confondus, et pour certains candidats, 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).
- certains candidats peuvent interpréter une anomalie de Bouguer sans pour autant être capables 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 par les candidats.

- Plus généralement, la gravimétrie est souvent un concept vague qu'il semble nécessaire aux candidats d'invoquer pour parler d'isostasie, mais ils ne parviennent pas à 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 candidats savent schématiser le trajet d'un rai sismique sur une coupe de la Terre, mais ont beaucoup plus de mal à expliquer la trajectoire courbée via 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 certains candidats 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 certains candidats, 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 candidats et qu'ils savent reconnaître, que sont les traps 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 candidats sont parfois surpris quand on leur demande comment on déterminait les mouvements des plaques avant l'ère du GPS... et en quoi consiste le GPS, aussi.
- les méthodes d'acquisition des données pétrologiques et géochimiques sont mal connues (XRF, spectrométrie de masse, presse gros volume...) ;
- 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 candidats ont du mal à lier les processus d'altération à l'échelle des minéraux à ce qu'ils induisent à l'échelle des paysages (cela a par exemple été flagrant sur le cas des chaos granitiques) ;
- les marges passives ne sont pas toujours identifiées comme étant des bassins sédimentaires ;
- les différentes modalités de la subsidence ne sont pas comprises ;
- les coupes géologiques schématiques 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 (écailles crustales empilées à plus de 60° !).
- les notions de stratotype d'unité et de stratotype de limite ne sont pas toujours claires ;
- 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 des candidats ;
- les candidats ont beaucoup de mal à exprimer les relation 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, cette année encore, mal maîtrisées (dans El Niño les « vents poussent l'eau »).

Sur la partie pratique de l'épreuve

Cette épreuve est l'occasion de tester les candidats face à des supports « classiques » (granite, carte au 1/50 000^e, etc.) ou plus atypiques (photographie d'affleurement, carte structurale d'un océan, etc.). Il est donc important que les candidats 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.

Quand il s'agit de décrire les supports proposés, un certain nombre de candidats 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 candidats 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, le candidat 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 candidats montrent qu'ils ont 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. 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 !

Une certaine faiblesse a été notée cette année sur 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... Les moraines glaciaires restent des objets bien mystérieux... et difficilement reconnus.

Quelques exemples de sujets de synthèse

Basaltes et granites

Bassins sédimentaires et contextes géodynamiques

Comment expliquer la diversité des roches magmatiques ?

Croûte, manteau, lithosphère, asthénosphère

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

Du manteau aux calcaires marins : histoire d'un atome de calcium

L'histoire des Alpes franco-italo-suissees à partir de la carte géologique de France

La lithosphère : définitions et mobilité

Les apports de l'étude des phyllosilicates

Les causes géologiques de la diversité des paysages

Les risques liés à la géodynamique terrestre

Les transferts d'énergie entre l'océan et l'atmosphère

Processus sédimentaires et activités humaines

Sources et transferts de chaleur dans les enveloppes de la Terre : mise en évidence, mécanismes et conséquences

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, détermination de gradients métamorphiques, environnements de dépôts de roches sédimentaires, lien avec l'histoire géologique de France

- photographies : structures volcaniques, structures tectoniques à différentes échelles, morphologies sédimentaires
- documents : carte de salinité de l'océan, cartes topographiques, modélisations numériques, diagrammes de phases