

Banque BCPST InterENS-ENPC

Session 2019

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

Écoles concernées : ENS de Lyon, ENPC

juillet 2019

Membres du jury :

- Fanny Garel, maître de conférences, université de Montpellier
- Jacques Bouffette, professeur agrégé, université de Rennes
- Olivier Dequincey, professeur agrégé, ENS de Lyon
- Cyril Langlois, professeur agrégé, ENS de Lyon
- Gweltaz Mahéo, maître de conférences, université de Lyon
- Guillemette Ménot, professeur des universités, ENS de Lyon
- Gérard Vidal, maître de conférences, 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 2018 est fournie entre parenthèses en italique

- Nombre de candidats auditionnés : 163 (*153*)
- Moyenne : 11.93 (*11.82*)
- Écart-type : 2.88 (*3.27*)
- Note minimum : 4.0 (*5.0*)
- Note maximum : 19 (*18*)
- Notes supérieures ou égales à 14 : 30.67 (*31.37%*)

Commentaires de l'épreuve d'oral Sciences de la Terre et de l'Univers 2019

Remarques générales sur les statistiques 2019

Les données statistiques ne révèlent pas de différence majeure avec les années précédentes. Le nombre de candidats auditionnés est en légère augmentation (+10), moyenne et écart-type sont très voisins. On observe une légère diminution du pourcentage de notes au-dessus de 14 qui reste dans la gamme de variabilité de ces dernières années.

Tenue et nature de l'épreuve 2019

Aucune modification n'a été apportée à l'épreuve, qui s'est intégralement tenue dans les conditions conformes à la description ci-après. L'objectif de l'épreuve est d'évaluer (1) la maîtrise des connaissances, (2) les qualités de communication orale, (3) les compétences d'analyse de supports variés (échantillons, cartes, images...), (4) la réactivité devant un objet ou un problème inconnu. L'épreuve dure 1h30 et s'organise en 2 parties enchaînées devant 2 jurys distincts :

Oral de cours : 30 minutes de préparation puis 30 minutes de présentation et discussion avec le jury.

Oral de compétences pratique : 30 minutes de discussion avec le jury, sans préparation.

La première partie, oral de cours, assurée par un premier jury est une interrogation "au tableau" d'une durée maximale de trente minutes. Les sujets sont extraits des thématiques du programme de classes préparatoires BCPST (des exemples de sujets sont disponibles en fin de rapport). Le tableau de la salle d'interrogation est séparé en deux parties, un candidat prépare pendant 30 minutes en disposant d'une moitié de tableau pendant que l'autre est interrogé sur l'autre moitié. Le candidat commence la présentation de son exposé, puis le jury peut initier à tout moment un échange avec le candidat, avant de reprendre (ou non) le cours de l'exposé. Le temps de présentation peut être modulé pour privilégier l'exposé ou les échanges entre le jury et le candidat. Le jury s'attend à ce que le candidat propose un plan ou une structure (de type carte mentale ou autre) écrite au tableau pour soutenir son exposé, ainsi que des schémas de qualité suffisamment légendés. À partir de ces éléments l'examineur oriente la discussion afin de vérifier que le candidat comprend et maîtrise les notions exposées. Si une erreur est décelée, les questions posées offrent l'opportunité au candidat de corriger en direct un schéma ou une affirmation.

La seconde partie, compétences pratiques, assurée par un autre jury, suit immédiatement la précédente dans une salle voisine. Le candidat est confronté à du matériel géologique : cartes (géologiques, sismo-tectoniques...) à toutes échelles, échantillons de roches, documents numériques variés (tableaux, photographies, graphiques, etc...). Sans préparation, il entame un dialogue argumenté avec le jury en exploitant le ou les objets proposés. Cette seconde partie de l'épreuve n'est pas une pure restitution de connaissances, elle doit être perçue comme l'opportunité pour le candidat de mobiliser les connaissances qu'il a acquises et de valoriser ses compétences d'analyse ou d'interprétation, son aptitude à resituer l'objet ou le document dans un contexte plus large, afin de le commenter le plus complètement possible. Le but du jury n'est absolument pas de "piéger" le candidat mais de lui soumettre des exercices de difficulté variable pour lui permettre d'exprimer au

mieux ses qualités. Le but n'est pas systématiquement pour le candidat de reconnaître au premier coup d'œil une roche, un objet ou un phénomène sur une image, une carte ou un graphique; il ne s'agit pas non plus d'un exercice de rhétorique consistant à simuler un raisonnement trivial pour aboutir à nommer un objet commun comme un échantillon de basalte ou de granite, le jury attend de la spontanéité, de la réflexion et une argumentation autour des ressources proposées. Dans la plupart des cas le jury n'a pas de stratégie préconçue et la discussion est orientée en fonction des réponses (ou des non-réponses) du candidat.

Sur les prestations des candidats

D'un point de vue général la distribution des notes montre que plus des trois-quarts des notes sont supérieures à la moyenne, ce qui démontre le bon niveau général des candidats. Près d'un tiers des notes sont supérieures ou égales à 14, ce qui correspond à de bonnes prestations. À noter que les notes supérieures à 18 ne signifient pas que la présentation était presque parfaite, mais fait ressortir un excellent niveau de maîtrise disciplinaire et de réflexion couplé à une très bonne réactivité aux questions.

Le jury relève un certain nombre de faiblesses largement répandues chez les candidats, quelle que soit l'épreuve et quel que soit le sujet ; ainsi que quelques lacunes ou erreurs persistantes, déjà citées dans les rapports des années précédentes. Une liste non exhaustive des erreurs les plus communes est présentée dans la suite, mais **le jury invite vivement les futurs candidats et leurs enseignants à regarder les précédents rapports.**

Remarques générales sur les connaissances et leur maîtrise

Comme expliqué précédemment, l'objectif principal de cette épreuve est d'évaluer le niveau de maîtrise disciplinaire des candidats. Ainsi, il n'est pas attendu une simple restitution d'un cours ou d'une portion de cours, mais un exposé structuré, démonstratif et argumenté, s'appuyant sur des exemples et des données concrètes. À noter que de nombreuses leçons font appel à plusieurs thèmes du programme et demandent souvent d'y associer certaines bases de physique-chimie (thermodynamique, réaction chimique, diffusion, radioactivité...). À titre d'exemples quelques sujets types de la session 2019 sont donnés à la fin de ce rapport.

- **Liste non exhaustive des principales erreurs rencontrées :**

Structure et dynamique interne du globe

- Cette année encore, de trop nombreux candidats font remonter des cellules de convection sous les dorsales.

- La dynamique des points chauds est mal maîtrisée. En particulier les relations point chaud / panache, la géométrie des têtes de panache, ou le lien entre panache et ouverture océanique. L'aspect le plus gênant et cependant l'origine de la fusion partielle sous les points chauds. Celle-ci est souvent attribuée à une augmentation de la température (ce qui permettrait alors d'associer chaque

contexte géodynamique à une modalité de fusion : décompression adiabatique = dorsale, fusion hydratée = subduction et réchauffement = point chaud). Or, la fusion partielle au niveau d'un point chaud résulte de la décompression adiabatique des roches mantelliques (initialement profondes) de cette branche ascendante de la convection. Une fusion partielle des roches mantelliques « encaissantes » par réchauffement conductif au contact du panache pourrait en effet avoir lieu mais uniquement au niveau du manteau situé au-dessus de la tête de panache, cette dernière étant beaucoup plus volumineuse que la queue du panache (ce processus est à relier à l'initiation des trapps et explique la surface et le volume de ces derniers).

- Confusion entre LVZ (100-200 km, isotherme 1300°C) et transitions de phases de l'olivine (410, 550, 670 km).

- Mauvais lien entre l'anomalie de Bouguer et l'isostasie, l'anomalie de Bouguer "montrant l'équilibre isostatique" selon les candidats. L'observation de Bouguer du « défaut de masse » sous les montagnes est distincte de la théorie de l'équilibre isostatique, dans lequel il n'y a pas de "défaut de masse" car les pressions sont égales sur la surface de compensation.

Dynamique lithosphérique et déformations

- Évolution thermique de la lithosphère océanique : la croûte (basaltes + gabbros) se refroidit mais ne s'épaissit pas en s'éloignant de la dorsale (même si les sédiments au-dessus sont de plus en plus épais). Seul le manteau lithosphérique, de densité 3.3, s'épaissit, car l'isotherme 1300°C qui marque sa base s'approfondit et avec lui la limite avec l'asthénosphère plus légère (densité ~3.25). La compréhension de ce processus est nécessaire pour expliquer la subsidence thermique de la lithosphère et la bathymétrie des plaines abyssales par rapport aux dorsales.

- Différence entre faille listrique et faille normale et explication de la géométrie en éventail des séquences syn-rift (qui nécessitent un basculement compatible avec une faille listrique).

- La symétrie des anomalies magnétiques du plancher océanique n'est pas suffisante pour mettre en évidence l'expansion océanique : il est indispensable de dater ces anomalies (magnétostratigraphie ou biostratigraphie sur la couverture sédimentaire forée).

- L'utilisation des stations GPS pour calculer une vitesse relative entre plaques n'est souvent pas bien cernée : les candidats parlent de vitesse mesurée en un passage du satellite, et n'ont pas compris qu'il fallait 2 stations GPS sur 2 plaques différentes acquérant des mesures de position sur plusieurs années pour comparer ensuite aux prédictions d'un modèle type NUVEL-1 (basé sur les données paléomagnétiques). Rappelons également (1) que les satellites GPS ne sont pas géostationnaires (orbite circulaire à environ 20 000 km d'altitude contre 36 000 pour les géostationnaires), (2) que le signal GPS (ondes radio) est émis par les satellites et non par les récepteurs (balises ou téléphone) et (3) qu'il faut réceptionner 4 signaux-satellites GPS minimum pour calculer un point (X,Y,Z et t, synchronisation des signaux) .

Géodynamique externe, climats et paléoclimats

- Les relations entre longueurs d'onde des rayonnements incidents et réémis et spectre d'absorption des gaz atmosphériques (CO₂, CH₄, H₂O, mais aussi SO₂) sont souvent peu connues et mal appliquées alors qu'ils sont fondamentaux pour comprendre l'effet de serre ou l'impact d'une éruption volcanique sur le climat.
- Les couplages océan-atmosphère se limitent souvent au frottement des vents sur les eaux de surface. Le transport d'Ekman est peu abordé et son importance dans le phénomène El Niño n'est presque jamais mentionnée.
- Il est dommage que les candidats aient oublié des notions vues avant la prépa ($\delta^{18}\text{O}$, évolution du ¹⁸O des précipitations avec la latitude...).

Ressources

- L'origine des roches carbonées est souvent floue et en particulier les différences de sources entre pétrole et charbon sont mal connues, ainsi que les moyens à disposition pour mettre en évidence leurs origines.
- La géothermie et ses principes sont très mal connus et peu abordés dans les leçons sur les ressources énergétiques.

Pétrologie

- Présence de grenat = éclogite, alors que le grenat est un minéral ubiquiste, potentiellement présent dans tous les faciès métamorphiques, quelle que soit la chimie du protolithe.
- Schistosité = roche métamorphique, alors qu'il s'agit d'un marqueur de déformation et qu'une roche métamorphique est définie par les changements minéralogiques subis.
- Confusions mésostase/verre.

Sédimentologie et stratigraphie

- Une méconnaissance encore trop répandue de l'équation de dissolution/précipitation des carbonates, alors qu'il suffit de se rappeler qu'on dissout le CaCO₃ avec de l'eau (H₂O) acide (CO₂).
- Méconnaissance de la notion de critères de polarité, de discordance.

- **Démarche scientifique (naturaliste et démonstrative) :**

Beaucoup d'exposés ne sont pas construits à partir d'observations ou de données. Trop souvent les candidats s'appuient sur des modèles pour faire leur démonstration, alors qu'il est attendu que les modèles soient construits en partant d'observations, de mesures ou de données expérimentales. Ce point est fondamental car les capacités à construire un raisonnement, à poser une hypothèse et à

proposer un modèle sont révélatrices du niveau de maîtrise des connaissances. À noter que, très souvent, l'intervention du jury permet aux candidats de repenser leur démarche.

- **Lien entre processus géologiques et processus physico-chimiques :**

De nombreux processus géologiques peuvent s'expliquer via l'application de lois et principes physiques et/ou chimiques simples. Ce lien doit apparaître de façon explicite et précise. La discussion avec le jury démontre très souvent que les candidats connaissent ces lois mais ne les mettent pas spontanément en avant. Ceci résulte, en partie, d'un trop fort cloisonnement entre physique-chimie d'un côté et sciences de la Terre de l'autre.

Une grande rigueur est également attendue dans l'application de ces lois et principes. On peut citer par exemple l'expression du poids des roches appliquée à l'isostasie qui est très souvent présentée de façon tronquée ou incomplète, ou encore les bases thermodynamiques du métamorphisme.

- **Expérimentation / techniques d'analyse :**

De nombreux domaines des sciences de la Terre s'appuient sur l'analyse des propriétés physico-chimiques des roches et l'expérimentation. Il est donc attendu des candidats une certaines connaissances des principales méthodes utilisées et des principes physico-chimiques associés (spectrométrie de masse...). D'autre part la connaissance des dispositifs expérimentaux est très restreinte. Pour beaucoup de candidats la pétrologie expérimentale se résume aux cellules à enclumes de diamants. Ce dispositif est effectivement adapté pour des petits volumes, dans des conditions de très haute pression et haute température (changement de phase du manteau principalement), mais beaucoup moins pour étudier par exemple le métamorphisme des roches, ne serait-ce que pour un problème de taille d'échantillons et donc de diamants nécessaires ! Les dispositifs moins clinquants tels que les presses multi-enclumes, triaxiales, autoclaves ne sont quasiment pas connus alors qu'ils ont été et sont encore abondamment utilisés pour de nombreux travaux sur le métamorphisme, le magmatisme ou la déformation des roches.

- **Ordres de grandeurs :**

Les ordres de grandeurs de certains processus et phénomènes géologiques sont attendus : tailles des réservoirs de carbone, flux de chaleur, vitesses des processus géologiques, âges des principales étapes de la formation des Alpes Occidentales...

- **Histoire des sciences :**

En dehors de l'histoire de la tectonique des plaques, les repères historiques sont très peu connus. Il n'est pas attendu de connaître précisément la date des grandes découvertes ou avancées technologiques, mais à minima de donner le siècle de quelques moments clés dans l'histoire des sciences comme par exemple la découverte de la radioactivité, la proposition des faciès métamorphiques, les travaux de Nicolas Sténon, Copernic ou encore Rutherford.

- **Géographie :**

Les repères géographiques sont encore mal maîtrisés. De trop nombreux candidats sont incapables de placer les îles volcaniques françaises sur une carte ou de localiser certains ensembles géologiques (rift Est-Ethiopien, graben du Rhin, Himalaya, trapps du Deccan...). De nombreux étudiants proposent de se localiser en regardant les coordonnées d'une carte, mais ne connaissent pas la gamme de

latitude de la France ! Rappelons que les notices des cartes sont toujours disponibles et que la localisation précise se trouve au dos de ces dernières.

Remarques générales sur la forme des épreuves

- **Oral de cours**

- (1) Introduction :

Trop peu d'exposés s'appuient sur une vraie introduction qui justifie le sujet et met en avant les problématiques qui seront abordées. La plupart des introductions se limitent à une définition des termes du sujet, suivie d'une transition du type « et on peut se demander pourquoi » sans justification préalable. Par exemple, sur un exposé sur la déformation des roches, aucun candidat n'a spontanément pensé à partir d'observation de couches sédimentaires (donc initialement proches de l'horizontalité) plissées, alors qu'ils y pensent très vite dès qu'il leur est demandé de prouver que certaines roches sont effectivement déformées.

- (2) Plan / périmètre des sujets :

Les candidats ont souvent tendance à se précipiter sur leur tableau pour sortir un plan au bout de quelques minutes. Au final, beaucoup de sujets ont été mal définis, aboutissant à de nombreux hors-sujet ou oubliés. Il est conseillé de bien prendre le temps de cerner le sujet et de réfléchir aux différentes étapes qui vont structurer l'exposé. Il est rappelé qu'il est attendu une approche scientifique qui s'appuie sur des observations/mesures/données, la proposition d'hypothèses, d'analyse et d'expériences pouvant aboutir à un modèle/interprétation.

- (3) Illustrations

Les illustrations sont souvent nombreuses et de qualité. Elles sont cependant souvent limitées à un schéma-bilan dont la construction n'est pas assez reliée à des observations et des données présentées préalablement.

Les schémas d'échelle lithosphérique et crustale présentent quasi-systématiquement des reliefs exagérés. Attention, à bien préciser l'exagération verticale si nécessaire, ou mieux à préserver le rapport d'échelle afin de représenter des structures réalistes (les racines crustales sont par exemples beaucoup plus épaisses que le relief).

- (4) Structure du plan et démarche

Comme déjà présenté plusieurs fois dans ce rapport, le jury est très sensible à la démarche employée. Les formations auxquelles ouvrent ce concours ont pour objectif principal de former de futurs chercheurs. La démonstration par le candidat de sa capacité à mettre en œuvre une approche scientifique est donc fondamentale.

- **Oral de compétence pratique :**

- (1) Méthodologie

Le jury n'attend pas des candidats une récitation de leur méthodologie d'analyse d'une carte ou d'une roche (« pour savoir si c'est un synclinal, je vais faire ceci, vérifier cela, regarder ça... ») mais qu'ils l'appliquent immédiatement. Reconnaître et dire tout de suite le "nom" d'un échantillon n'est

pas gênant, mais il faut ensuite savoir le justifier et donc connaître les caractéristiques essentielles d'un granite, d'un gabbro ou d'une péridotite...

Plus spécifiquement sur l'analyse de roche, malheureusement assez peu de candidats font rapidement le lien entre un échantillon et un contexte de formation, un environnement, ou alors de façon automatique et souvent simpliste (gabbro = croûte océanique), sans argumentation... cependant certains arrivent tout de même à réfléchir "en direct" et à « faire parler » les échantillons.

D'un point de vue méthodologique de nombreux raccourcis et simplifications ont été notés :

Structure allongée en carte = plis, sans prendre en compte la topographie et les pentes.

Absence de V dans les vallées d'une limite de couche ou d'une faille = plan vertical, sans prendre en compte l'encaissement de la vallée.

Minéral noir brillant = mica, sans regarder sa morphologie.

À l'opposé le lien entre structure minérale (biotite \Leftrightarrow phyllosilicate) et aspect des cristaux (phyllosilicate \Rightarrow plaquette, débit) est rarement connu.

(2) Manipulation des échantillons

L'utilisation de matériel concret doit servir à montrer ce dont on parle. Beaucoup de candidats décrivent des échantillons sans montrer clairement les structures ou les minéraux présentés. Ceci est particulièrement marqué lorsque l'échantillon est tout de suite reconnu et que le candidat essaye de réciter ce qu'il est censé observer. Il ne faut pas hésiter à utiliser la pointe d'un stylo pour montrer précisément ce dont on parle.

(3) Présentation des cartes et des documents numériques

Les documents projetés ou présentés sur ordinateur sont souvent bien décrits, et de nombreux candidats font de bonnes observations / déductions / contextualisations. Notons néanmoins que trop souvent les titres et légendes sont peu ou pas exploités. Par exemple une image satellite de Thonon les Bains permet de se repérer géographiquement et donc de ne pas parler d'une rivière qui se jette dans la mer formant un delta.

Comme rappelé précédemment, les notices des cartes, bien que disponibles, sont rarement utilisées, en particulier pour la localisation.

Quelques exemples d'oraux de cours

Structure et dynamique de l'intérieur du globe

- Le géotherme terrestre. Définition, méthodes d'obtention et interprétation
- La gravimétrie. Principe, informations fournies et interprétations
- Sismique et intérieur de la Terre
- La reconstruction de la structure interne du globe
- La convection mantellique : mise en évidence, nature et origine

Dynamique de la lithosphère et déformation

- Arguments en faveur de la mobilité des plaques lithosphériques
- Les grandes variations d'altitude de la surface terrestre
- La déformation ductile à différentes échelles
- Les dorsales océaniques
- La subduction océanique : des observations aux modèles

Pétrologie endogène

- Les contextes de fusion mantellique
- Croûte océanique et croûte continentale
- Les magmas dans leur contexte géodynamique
- Le métamorphisme marqueur de l'histoire géologique des Alpes Occidentales

Géodynamique externe, climats et paléoclimats

- Le couplage océan-atmosphère. Causes, manifestations et effets climatiques
- Le carbone dans les enveloppes terrestres. Formes principales, échanges et flux, importance géologique, écologique et économique

Sédimentation et stratigraphie

- La sédimentation des marges continentales
- Altération et érosion des silicates et des carbonates
- Les différents types de bassins sédimentaires à partir de la carte de France au millionième
- Comparaison des produits d'altération d'un granite sous différents climats
- Les variations du niveau marin

Histoire de la Terre et datations

- L'échelle des temps géologiques. Obtention, principe de découpage, grandes divisions
- Datation des événements géologiques
- L'océan alpin, un océan disparu
- La carte géologique : construction, information et utilisation

Risques et Ressources

- Les matériaux de construction
- Les ressources énergétiques
- Les risques liés à la géodynamique interne
- Les risques liés à la géodynamique externe