

Exercice 1

Éléments de corrigé - L'œil de Richat

1- Identification des arguments susceptibles de valider l'une ou l'autre des hypothèses : 4 points

	Points communs avec l'Œil de Richat	Différences avec l'Œil de Richat
Cratère d'impact	Structure circulaire avec une dépression centrale Taille de 2 à 200 km de diamètre Failles Brèches	Brèches de hautes pressions à quartz choqués Tectites Roches métamorphisées par l'impact
Caldeira	Structure circulaire avec une dépression centrale Taille de 2 à 80 km de diamètre Failles Roches magmatiques en filon	Roches volcaniques en coulées

Éléments complets	Éléments incomplets	Pas ou peu d'éléments
4	2	0

L'hypothèse de la Caldeira est celle qui est la plus vraisemblable : la taille, l'effondrement central, les failles, les roches magmatiques en filon sont compatibles avec la structure de Richat.

Les limites (non exigibles) de cette hypothèse sont :

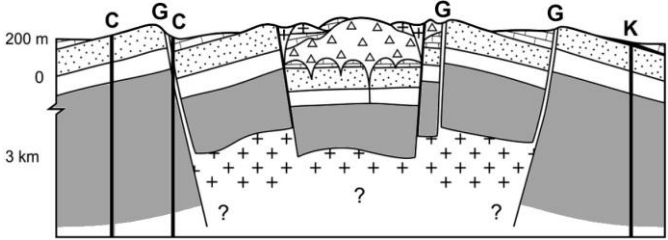
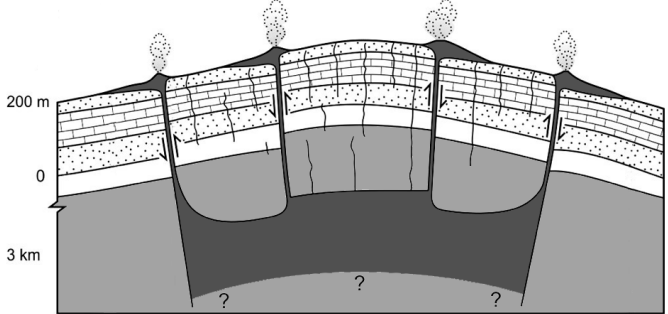
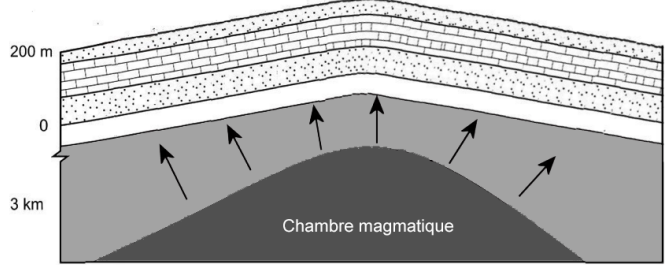
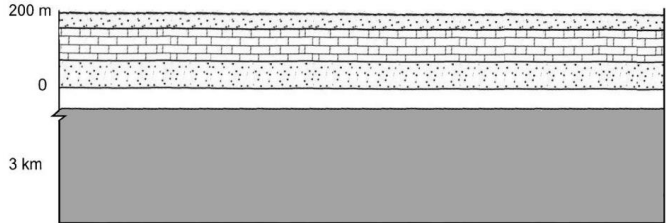
- structures annulaires concentriques ;
- la profondeur de la structure circulaire ;
- la nature des roches présentes au niveau de l'œil de Richat comme les kimberlites, les carbonatites, les gabbros ;
- les crêtes de carbonatite.

Une référence à l'érosion comme cause probable de l'absence des roches volcaniques, roches de surface, peut être valorisée.

2- Reconstitution de l'histoire de Richat : 6 points

Frise juste et bien étayée		Frise juste mais insuffisamment étayée		Frise chronologique partielle ou fausse
La majorité des éléments scientifiques issus des documents sont présents et s'articulent avec les principes de chronologie	Arguments présents mais principes à peine suggérés ou datation absolue absente	Une partie seulement des arguments sont présents.	Quelques arguments cités	
6 points	4 points	2 points	1 point	0-1 point

Non exigé : les brèches proviennent de l'altération des roches sédimentaires. On constate d'après la coupe que ce sont les calcaires qui ont subi cette altération. Cette altération est hydrothermale, elle provient de la circulation de l'eau qui s'est réchauffée au contact de la chambre magmatique et qui a dissout des minéraux, a transporté des ions qui ont ensuite précipité dans un autre endroit cimentant la nouvelle roche formée. Ces remaniements ont pu englober des fragments d'autres roches, notamment volcaniques, ce qui suggère une activité volcanique postérieure à l'altération.

Schémas du plus ancien (en bas) au plus récent (en haut)	Observations et principes	Frise chronologique des évènements
	<p>Par la simple observation de la coupe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les filons de carbonatites contemporains des filons de kimberlites <u>recoupent</u> les filons annulaires de gabbro, mais ils ne sont <u>pas recoupés</u> par les failles d'effondrement. - les brèches hydrothermales <u>recoupent</u> les roches sédimentaires, mais elles <u>sont recoupées</u> par les failles d'effondrement. <p>Par les informations du texte :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les filons de carbonatites et de kimberlites sont datés de $- 99 \text{ Ma} \pm 5 \text{ Ma}$ et les brèches hydrothermales sont datées de $- 98,2 \text{ Ma} \pm 2,6 \text{ Ma}$. Il est possible que toutes ces roches soient de même âge. - les fluides à l'origine des brèches viennent des Kimberlites 	<p>↑ Temps</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actuel - Erosion dégageant les crêtes de grès et les filons annulaires de gabbro. - Fin d'injection de magmas à l'origine des carbonatites et kimberlites. - Effondrement de la chambre magmatique. - Circulation de fluides chauds altérant des roches dont les calcaires à l'origine des brèches hydrothermales. <i>Début d'injection de magmas de composition différente à l'origine des filons de carbonatites ainsi que des filons et des coulées de kimberlites.</i>
	<p>Les filons annulaires de gabbro <u>recoupent</u> le socle et les roches sédimentaires. (Si le magma arrive en surface, des roches volcaniques <u>recouvrent</u> les grès.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Injection du magma dans les failles à l'origine des filons annulaires de gabbro (et de volcans en surface).
	<p>La chambre magmatique <u>modifie</u> le socle ; le bombement affecte les roches sédimentaires et le socle.</p> <p>Les flèches indiquent le sens du bombement qui sera à l'origine de fracturations.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Remontée d'un magma (de composition gabbroïque) à l'origine d'un bombement et d'une fracturation.
	<p>Les différentes roches sédimentaires <u>recouvrent</u> le socle daté avant - 700 Ma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Formation de roches sédimentaires sur le socle. <p>700 Ma</p>

Exercice 2 : Les belles pierres de Florence - correction et barème

Question 1)

Saisie d'informations	Interprétations et mises en relation
<ul style="list-style-type: none"> • Doc 1 : la <i>pietra serena</i> est utilisée en construction surtout comme pierre ornementale. Elle peut être finement sculptée. • Doc 2 : la <i>pietra forte</i> est rarement utilisée en sculpture, en raison de sa trop grande dureté. Elle est en revanche fréquemment utilisée comme matériau de construction. • Doc 3 : ces deux roches sont des grès, c'est-à-dire des roches sédimentaires formées de grains de sable divers compactés et cimentés par de l'argile et/ou du calcaire. Leur composition et leurs qualités peuvent varier d'une strate à l'autre. • Doc 3a : La <i>pietra serena</i> est surtout riche en grains de quartz, liés entre eux par de l'argile. • La <i>pietra forte</i> est surtout formée de fragments de roches préexistantes, liés entre eux par de la calcite. • Doc 3b : La <i>pietra serena</i> a une assez bonne résistance à la compression (100 MPa, valeur intermédiaire entre les exemples de roches les plus et les moins résistantes citées sous le tableau) ; la <i>pietra forte</i> a une résistance encore plus élevée (156 MPa). • Doc 4 et 5 : Dans les carrières de <i>pietra serena</i> comme de <i>pietra forte</i>, seules les couches les plus riches en grains de sable et donc les plus pauvres en argiles étaient exploitées à la Renaissance. • Doc 6 : La <i>pietra serena</i> est plus sensible aux agents atmosphériques (et à la pollution). La <i>pietra forte</i> résiste mieux. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ces deux roches sont des grès aux propriétés voisines qui sont utilisées comme pierres de construction. • La nature différente du ciment qui lie les grains de ces deux grès explique leurs propriétés différentes : • le ciment calcitique de la <i>pietra forte</i> lui confère une plus grande dureté, une meilleure résistance à la compression et à l'érosion que la <i>pietra serena</i> dans laquelle c'est l'argile qui joue le rôle de liant entre les grains ; • la <i>pietra forte</i> est plus difficile à sculpter mais plus adaptée à la construction, et la <i>pietra serena</i> plus souvent employée en sculpture et décoration. • Les strates les plus pauvres en argile étaient exploitées dans les anciennes carrières : elles seules présentent une résistance suffisante pour un usage architectural.

Raisonnement scientifique rigoureux		Raisonnement maladroit	Pas de raisonnement structuré	
Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et en associant de manière complète la majorité des éléments scientifiques issus des documents	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et en associant de manière incomplète des éléments scientifiques issus des documents	Quelques éléments scientifiques pertinents issus des documents sont cités et reliés le plus souvent entre eux, mais la réponse à la problématique est erronée ou partielle	Quelques éléments scientifiques pertinents issus des documents sont cités mais sans lien entre eux ni avec la problématique	Pas ou très peu d'éléments scientifiques pertinents tirés des documents
5 points	3 à 4 points	2 points	1 point	0 point

Question 2

Saisie d'informations	Interprétations et mises en relation
<ul style="list-style-type: none"> • Doc 3 : Au-delà de leurs différences, la <i>pietra serena</i> et la <i>pietra forte</i> sont formées principalement de fragments de roches et de quartz (abondants), d'argile et de calcite (en proportions variables), parfois de feldspath et mica (en moindre quantité). • Doc 7 : L'altération et l'érosion des roches continentales produit des particules qui seront déposées après transport dans des bassins sédimentaires proches. • En particulier, l'altération des granites, roches typiques de la croûte continentale, produit des fragments rocheux et une arène granitique riche en argile (44 %), quartz (27 %), et dans une moindre mesure en feldspath (10 %). • Doc 4 et 5 : Dans les affleurements de <i>pietra serena</i> comme de <i>pietra forte</i>, on observe une alternance de strates gréseuses (très riches en grains de sables) et de fines strates argileuses. • Doc 8 : Le mode de formation des turbidites par des coulées sous-marines successives nécessite des apports importants en sédiments venus de l'érosion des continents, ainsi qu'une forte pente sous-marine. • Cette formation particulière laisse des traces dans les roches sédimentaires obtenues : tri par taille des particules, conduisant à une alternance de strates épaisses de grès plus ou moins grossiers et de strates plus fines et plus riches en argiles. • Doc 9 : La reconstitution paléogéographique montre que la future Toscane était une zone de subduction entre -100 et -20 Ma dans laquelle se déposaient des sédiments issus de l'érosion du continent voisin. • De -20 Ma à nos jours, l'arrêt de la subduction et la collision continentale ayant conduit à la formation des Apennins ont pu porter à l'affleurement les roches sédimentaires précédemment formées au niveau de la fosse océanique. • Doc 3 : La formation de la <i>pietra serena</i> date de -30 à -20 Ma ; la <i>pietra forte</i> date de -100 à -66 Ma. 	<ul style="list-style-type: none"> • La composition minéralogique de <i>Pietra serena</i> et <i>Pietra forte</i> est compatible avec un dépôt dans un bassin de sédiments issus de l'érosion d'un continent voisin. • Les caractéristiques de <i>Pietra forte</i> et <i>pietra serena</i> correspondent à celles des turbidites formées par l'écoulement gravitaire dans un bassin à forte pente de sédiments d'origine continentale. • A la période de formation des deux roches étudiées, les conditions de formation de turbidites étaient réunies à l'emplacement de la future Toscane entre -100 Ma et -20 Ma : forte pente sous-marine et forts apports de sédiments d'origine continentale.
<ul style="list-style-type: none"> • Conclusion : <i>Pietra serena</i> et <i>pietra forte</i> sont bien des turbidites. Elles ont été formées au niveau d'une fosse océanique liée à une subduction (active) il y a -100 à -20 Ma. Remarque : ces deux roches ont ensuite été portées à l'affleurement (par la formation des Apennins par collision continentale succédant à la subduction de -20 Ma à nos jours). Elles ont alors pu être exploitées en carrière par les humains aux environs de Florence. 	

Raisonnement scientifique rigoureux		Raisonnement maladroit	Pas de raisonnement structuré	
Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et en associant de manière complète la majorité des éléments scientifiques issus des documents	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et en associant de manière incomplète des éléments scientifiques issus des documents	Quelques éléments scientifiques pertinents issus des documents sont cités et reliés le plus souvent entre eux, mais la réponse à la problématique est erronée ou partielle	Quelques éléments scientifiques pertinents issus des documents sont cités mais sans lien entre eux ni avec la problématique	Pas ou très peu d'éléments scientifiques pertinents tirés des documents
5 points	3 à 4 points	2 points	1 point	0 point

EXERCICE 3 : LES PLUS ANCIENNES TRACES DE VIE SUR TERRE?

ELEMENTS DE CORRECTION

PREMIERE PARTIE – Les faits de la discorde

Question 1. (4 points)

Pour l'évaluation du tableau attendu dans la première partie de l'exercice utiliser le curseur ci-dessous à la lumière des indicateurs de correction (page 2).

Tableau pertinent : les titres de rangées et de colonnes renvoient aux familles d'arguments en faveur de l'origine biotique ou abiotique de la matière carbonée				Tableau partiel et/ou maladroit : traduit un effort dans le sens attendu mais les titres de rangée et/ou de colonne ne rendent pas compte d'un souci d'interprétation des données documentaires				Cas particulier d'un candidat ne respectant pas la consigne en proposant une réponse exclusivement rédigée		Document et objectif non compris / question non traitée
Les informations extraites des documents sont suffisantes (au moins un élément par famille d'arguments et au moins deux familles d'arguments sur les 3 possibles)		Les informations extraites des documents sont insuffisantes		Les informations extraites des documents sont suffisantes (au moins un élément par famille d'arguments et au moins deux familles d'arguments sur les 3 possibles)		Les informations extraites des documents sont insuffisantes		Nombre d'éléments suffisants extraits des documents et correctement interprétés	Nombre d'éléments suffisants extraits des documents mais non interprétés ou insuffisants mais correctement interprétés	
Titre général du tableau explicite	Titre général du tableau peu explicite	Titre général du tableau explicite	Titre général du tableau peu explicite	Titre général du tableau explicite	Titre général du tableau peu explicite	Titre général du tableau explicite	Titre général du tableau peu explicite			
4	3,5	3	2,5	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0

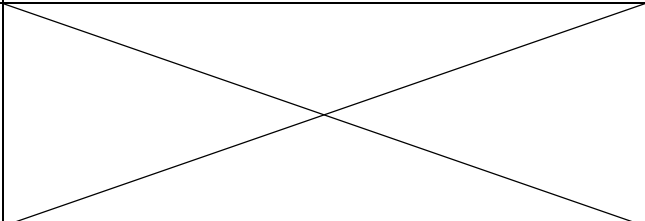
Commentaires :

Par titre général du tableau explicite, on entend un titre qui renseigne au moins deux des trois axes suivants :

1. Nature de ce qui est communiqué. Ex : tableau synthétique

2. *Intention de ce qui est communiqué. Ex : montrant les arguments en faveur de l'origine biologique ou non des traces carbonées des roches de Pilbara*
3. *Moyen d'obtention de ce qui est communiqué. Ex : déduit d'études géochimiques et structurales*

Indicateurs de correction pour le tableau demandé concernant la première partie « les faits de la discordes » (4 points).

Origine envisageable Nature des arguments	Origine biologique	Origine abiotique
<p>Arguments structuraux et morphologiques</p>	<p><u>Document 1 / document 2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • microstructures de Schopf : organisation en sous-unités plus ou moins identiques + structure filamenteuse comparable aux cyanobactéries actuelles • taille entre 60 et 80 μm. 	<p><u>Document 7/document 2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • structure filamenteuse constituée de sous unités répétées obtenues sous conditions hydrothermales en laboratoire.
<p>Arguments chimiques (signature isotopique du $\delta^{13}\text{C}$)</p>	<p><u>Document 5/document 4 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • La signature isotopique des structures carbonés retrouvées dans les roches du craton Pilbara recoupe la signature isotopique de deux cultures différentes de procaryotes. • (ou bien les roches du craton Pilbara ont un $\delta^{13}\text{C}$ compris entre -25 et -45 ‰ et les signatures biologiques de procaryotes B et C ont un $\delta^{13}\text{C}$ compris respectivement entre -5 et -30 ‰ et -5 et -47 ‰.) 	<p><u>Document 5/document 4 et 6 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recoupement des signatures isotopiques des molécules carbonées abiotiques issues de l'hydrothermalisme de la sidérite avec certaines roches de Pilbara
<p>Argument géologique</p>		<p><u>Document 3 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • la zone d'échantillonnage de Schopf est effectuée dans les veines de roches siliceuses témoignant d'hydrothermalisme.

TITRE. Tableau synthétique montrant les arguments en faveur de l'origine biologique ou non des traces carbonées des roches de Pilbara(/ ou des microstructure de Schopf) déduit d'études géochimiques et structurales.

DEUXIEME PARTIE - Peut-on lever l'ambiguïté ?

Question 2. Indicateurs de correction (4 points).

	Saisie documentaire/Argumentaire	interprétation	
Les apports de la diagenèse expérimentale et de la spectroscopie	<p><u>Document 8a et 8b</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •Cyanobactérie fraîche : pics significatifs en 1 et 4. •Composé abiotique type 1 : deux pics significatifs près de 4 et près de 5. Composé abiotique de type 2 : pic significatif en 4. •Les signatures biotiques et abiotiques sont atténuées à l'issue des 100 jours de diagenèse mais conservent des profils différents •Ces signatures se transforment durant toute l'expérimentation (texte). <p>•La durée de l'expérimentation modélise la durée des temps géologiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Signatures spectroscopiques d'une cyanobactérie fraîche, d'un composé abiotique frais de type 1 et de type 2, sont significativement différentes. •Les expériences de diagenèse montrent qu'une signature initialement abiotique n'évolue pas vers celle d'une signature biologique. Le pic n°1 et le pic n°4 peuvent donc être les témoins d'une signature biologique. <p>•La diagenèse expérimentale peut aider à l'interprétation des signatures spectrales des composés carbonés des échantillons naturels.</p>	2
	<p><u>Document 9</u></p> <p>Les structures carbonées de la roche siliceuse du lac Magadi résultent de l'activité de cyanobactéries.</p> <ul style="list-style-type: none"> •La roche siliceuse du lac Magadi présente trois pics dont les pics 1 et 4 mais moins prononcés. 	<ul style="list-style-type: none"> •Les pics 1 et 4 bien que moins prononcés sont significativement comparables à ceux d'une cyanobactérie actuelle •Malgré une histoire de 12000 ans la signature biologique de la roche du lac Magadi est relativement bien conservée. 	1
Confrontation de la réalité aux résultats de la diagenèse : une origine biologique fortement envisageable.	<p><u>Document 8 / document 9</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •L'origine de la matière organique de Strelley Pool ne faisait pas consensus (doc.8). •Pourtant on y observe l'existence des pics 1 et 4, bien que très atténués ... •... témoins, d'après les données de diagenèse expérimentales, de matière organique d'origine biologique. 	<p>Les techniques de spectroscopie et de la diagenèse expérimentale, tendent à montrer que la signature biologique se conserve si au départ les molécules carbonées ont une origine biologique et ceci en dépit d'une histoire de 3.4 Ga témoignant de processus hydrothermaux.</p>	1

Question 3. Indicateurs de correction (2 points).

Commentaire : les idées que l'on cherche à valoriser sont :

Une réflexion épistémologique simple de la part du candidat dans laquelle il met en balance les incertitudes des années 90-2006 quant à l'interprétation de l'origine des matières carbonées des roches très anciennes. (La probabilité que ces molécules carbonées soient abiotiques — on peut les obtenir par hydrothermalisme — ne peut être exclue).

L'interaction connaissances scientifiques/avancées technologiques pour lever les incertitudes. L'origine discutée de matières carbonées a poussé les scientifiques à développer de nouvelles techniques qui produisent de nouvelles données : les signatures moléculaires pour les échantillons de roches testés. L'origine de la matière carbonée peut être établie par la prise en compte de ces signatures moléculaires qui conservent leur spécificité au cours du temps géologiques.

Proposition alternative

Idée principale : aller et retour sur les interprétations des objets au gré des avancées techniques	1
Étayage de l'idée principale par des éléments historiques du dossier	1

Note complémentaire à destination du correcteur.

L'avènement de techniques modernes telles que la diagenèse expérimentale associée à la spectroscopie révèle que le débat est en passe d'être tranché, puisque des signatures spectroscopiques semblent se conserver en dépit d'altération physique induite par les effets thermiques et barométriques.

Voici ce qu'écrit Julien Alléon dans sa thèse p 217 « *Mieux documenter la signature moléculaire de tous ces objets permettrait de nourrir la discussion et pourrait offrir les arguments manquant pour conclure sur leur origine biologique ou non.* »

Depuis 2015, de nombreuses roches de Pilbara, des échantillons du lac Magadi sont soumis à diagenèse expérimentale, les résultats sont en cours de publication pour certains.