

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

Concours d'admission session 2024

Filière universitaire : Second concours

COMPOSITION DE GEOLOGIE

Durée : 3 heures – 20 pts, 15 questions

L'usage de calculatrices électroniques de poche, à alimentation autonome, non imprimante et sans document d'accompagnement, est autorisé.

\*\*\*

# Voyage d'une lithosphère océanique de la ride à la fosse



Lire le sujet en entier avant de commencer à répondre. Les informations sont à chercher dans l'intégralité des documents (y compris en Annexes). Attention à la conversion d'unités dans vos calculs.

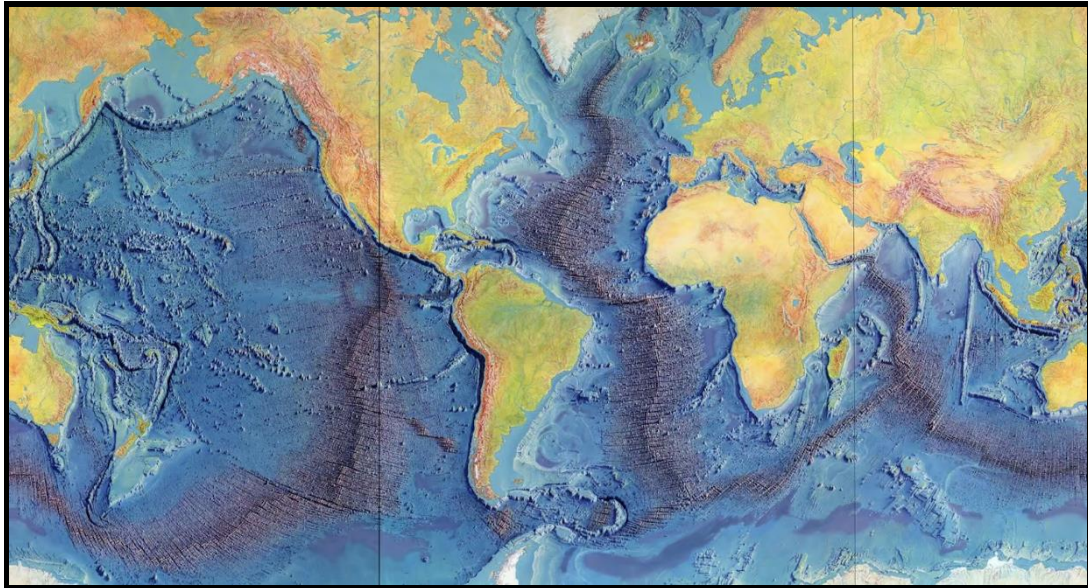


Fig.1: Carte de *Tharp, Heezen & Berann (1977)* des fonds océaniques (*Library of Congress*)

## A) Morphologie et diversité des bassins océaniques

1. Esquissez une coupe de la morphologie du bassin océanique entre les Antilles et l'Afrique et légendez là. Localisez *a minima* les éléments suivants : plaine abyssale, dorsale, rift, subduction, marge active, marge passive, fosse, plateau continental, talus, panneau plongeant. [1 pt]
2. Listez quelques éléments caractéristiques qui distinguent les marges passives des marges actives. [1 pt]
3. A l'aide de vos connaissances, réalisez un tableau synthétique (ou des schémas) comparant pour les deux grands types de planchers océaniques présents à la surface terrestre : (i) la structure crustale des planchers océaniques, en terme de lithologies et de pétrologie et (ii) la structure morphologique, en termes de reliefs, de segmentation et d'épaisseurs. [1.5 pt]

## B) Processus à la ride

4. En vous basant entre autres sur les images fournies en *Annexe D*, listez quelques processus clés à l'œuvre pendant les processus d'interaction basalte-eau de mer à l'axe de la ride. Le lien entre processus hydrothermaux et le développement de la vie pourra être explicité. Concision et schémas appréciés. [2 pt]

## C) Dynamique du "tapis roulant"

5. On étudie une carotte de huit mètres de long prélevée dans le Pacifique sud (20°S, 105°W) à la surface de la plaque Nazca. Elle est principalement composée d'argiles et de boues siliceuses. A l'aide du *tableau 1*, calculez une vitesse de sédimentation moyenne pour cette série sédimentaire (en mm/milliers d'années) en expliquant votre démarche. [1 pt]

dates (Ma)	polarité	évènements	époques
0.0-0.7	normale		BRUNHES
0.7-0.9	inverse		
0.9-1.0	normale	Jaramillo	
1.0-1.8	inverse		MATUYAMA
1.8-2.0	normale	Olduvai	
2.0-2.4	inverse		
2.4-3.0	normale		
3.0-3.1	inverse	Mammoth	GAUSS
3.1-3.3	normale		
3.3-3.7	inverse		
3.7-3.9	normale	Cochiti	
3.9-4.1	inverse		GILBERT
4.1-4.3	normale	Nunivak	
4.3-4.4	inverse		

Prof. (cm)	polarité
0-190	normale
190-200	inverse
200-210	normale
210-340	inverse
340-385	normale
385-460	inverse
460-615	normale
615-660	inverse
660-760	normale
760-800	inverse
800= bas	normale

Tab.1: (gauche) Échelle simplifiée des inversions du champ magnétique établie à partir des roches volcaniques. (droite) Polarité magnétique déterminée sur une carotte de sédiments du Pacifique sud.

6. A l'aide de la carte (Fig.2), estimez l'épaisseur totale de sédiments arrivant à la fosse chilienne (en supposant un taux de sédimentation constant). Discutez cette valeur en termes de sources sédimentaires et discutez la validité de l'hypothèse d'un taux de sédimentation constant jusqu'à la fosse dans la région d'Atacama. [1.5 pt]

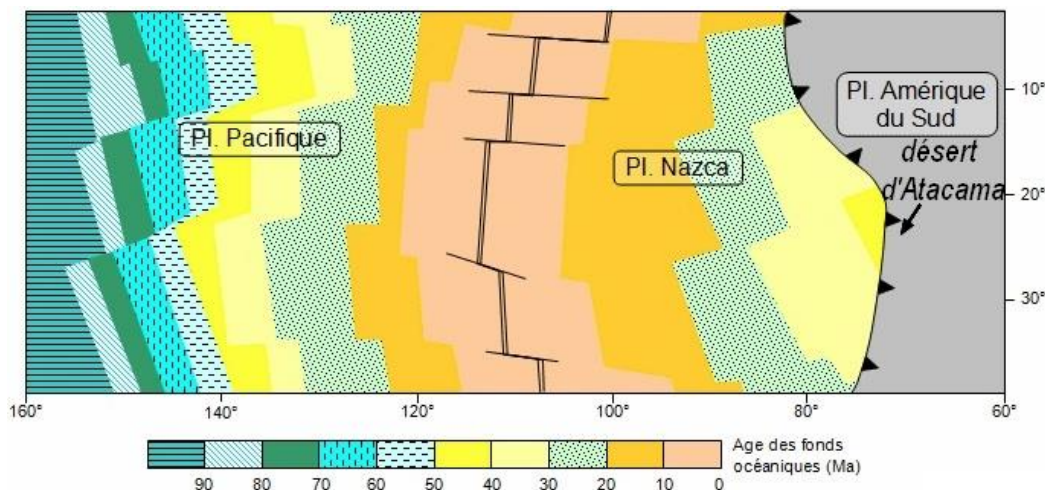


Fig.2: carte de l'âge des fonds océaniques dans le sud-Est du Pacifique (modifié d'après svt.ac-dijon.fr).

7. Toujours à l'aide de la carte (Fig.2) et à l'aide de l'annexe B, calculez une vitesse d'expansion (en cm/an) de la ride Pacifique depuis l'Eocène. Justifiez et comparez aux valeurs typiques que vous connaissez pour l'océan Atlantique. Pourquoi cette différence ? [2.5 pt]
8. Expliquez comment se refroidit la lithosphère en s'éloignant de la ride, et comment cela influence son épaisseur et la tectonique régionale. Esquissez l'allure d'un géotherme pour une dorsale et pour une vieille plaque. [1.5 pt]
9. Estimez la profondeur de la 'zone refroidie' pour la plaque Nazca au moment de rentrer dans la fosse. Pour cela, vous pourrez utiliser la relation :  $h^2 = \kappa \cdot t$  avec  $h$  l'épaisseur (en m) de la zone refroidie, et  $\kappa$  la diffusivité thermique ( $10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  pour la lithosphère océanique). Tentez d'esquisser le géotherme de Nazca (à la latitude  $20^\circ\text{S}$ ) dans votre schéma de la question précédente. Que peut-on en conclure sur l'âge thermique de la plaque Nazca par rapport à la lithosphère du Pacifique ouest, par exemple au niveau des Mariannes ? [2.5 pt]

## D) Processus à la fosse

10. Les zircons (des petits minéraux très résistants à l'altération et stables sur des grandes périodes géologiques) détritiques récoltés dans les sédiments formant les prismes d'accrétion passés (Carbonifère à Crétacé) le long de la subduction sud-chilienne révèlent une distribution d'âges similaire à celle présentée en *figure 3*. En supposant que la dynamique sédimentaire reste la même à l'actuel, que suggère cette figure quant à la source et aux flux sédimentaires à l'origine des matériaux formant le prisme ? Est-ce compatible avec votre réponse à la question 6 ? [1 pt]

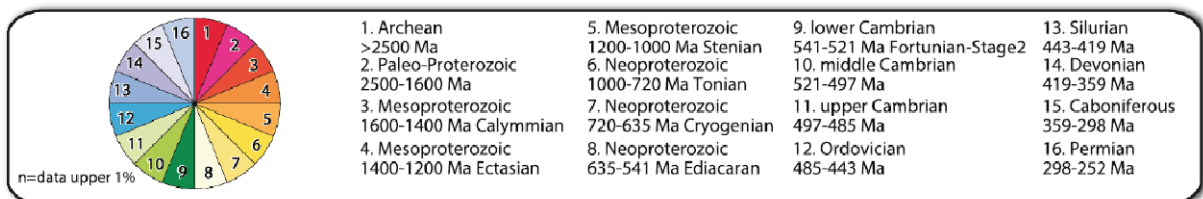
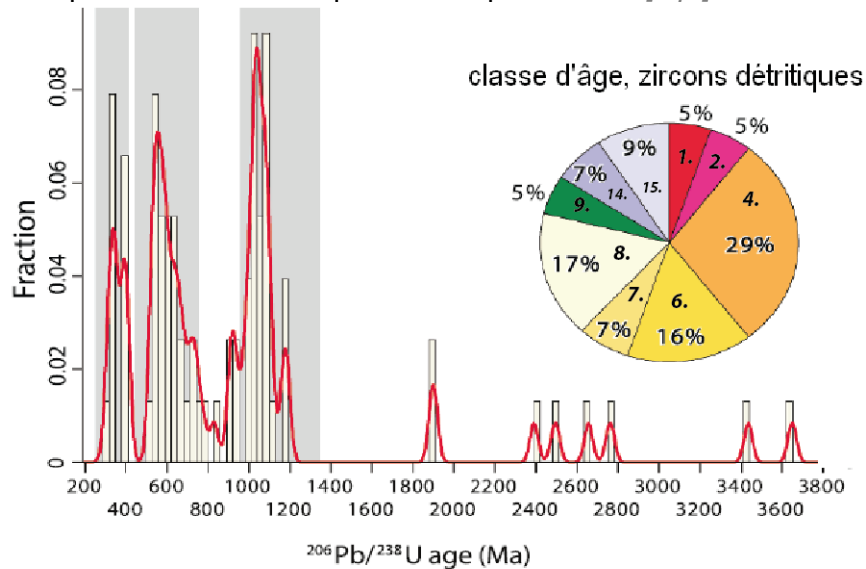


Fig.3: Fréquence et densité de distribution des âges U-Pb obtenus sur des zircons détritiques du paléo-prisme d'accrétion chilien (modifié d'après Munoz-Montecinos et al. 2021).

11. Les données géophysiques révèlent que le prisme d'accrétion chilien est quasi-inexistant au nord du pays (région d'Atacama, *Fig.2*) et très épais (plusieurs km d'épaisseur) au sud, dans la région Patagonienne (*Fig.4*). Avez-vous une explication à avancer pour expliquer cette différence, à la lumière de la réponse à la question précédente ? [1 pt]
12. On se focalise maintenant sur le sud du Chili où la ride chilienne subducte actuellement sous la plaque Sud-américaine (*Fig.4*). Que pouvez-vous dire de l'évolution de la localisation géographique de ce 'point triple' depuis le Miocène ? [0.75 pt]
13. Un grand épisode volcanique affecte la Patagonie pendant la seconde moitié du Cénozoïque. On y trouve à la fois du volcanisme calco-alcalin (comme dans le reste des Andes) mais également des édifices ayant produit des laves de type MORB (mid ocean ridge basalts). Comment l'évolution géodynamique régionale récente peut expliquer cette particularité pétro-géochimique ? [0.75 pt]



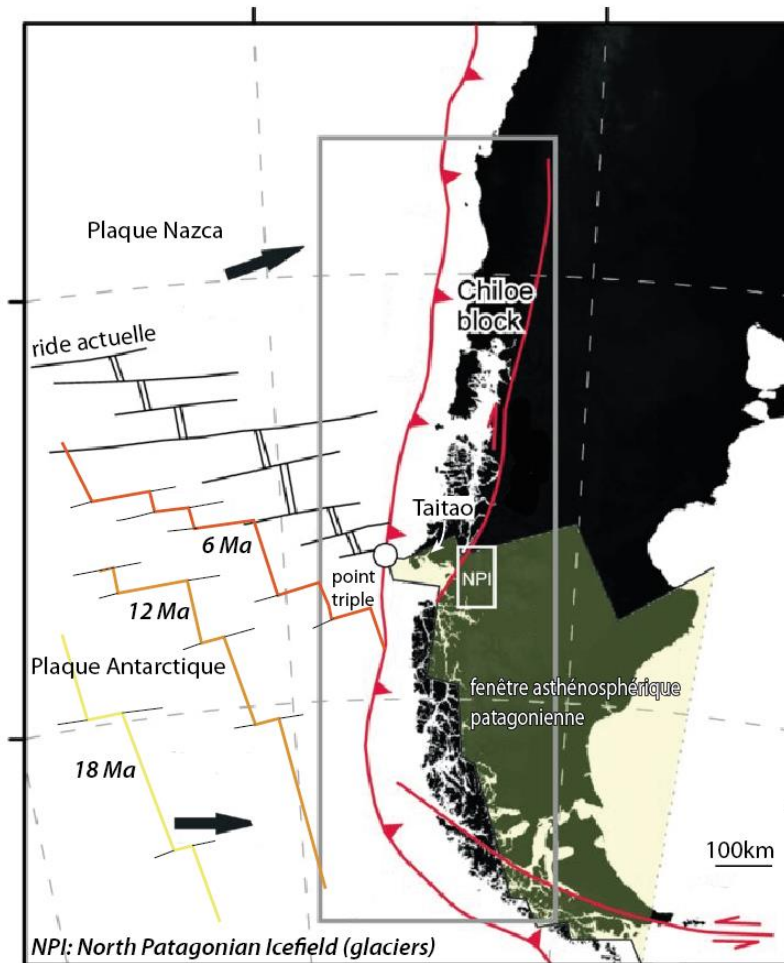


Fig.4: Contexte tectonique et position de la ride chilienne depuis 18 Ma. La fosse de subduction chilienne est indiquée par un trait rouge. Modifié d'après Georgieva et al. (2016) et Salze et al. (2018).

14. Dans la région de la péninsule de Taitao (Fig.4) et vers le sud-est, on trouve des *adakites* (d'âge Mio-Pliocène à actuel). Il s'agit de roches riches en Si et en Na dont le diagramme d'éléments traces typique est présenté en figure 5. Sachant que les *adakites* sont le résultat de la fusion partielle d'une croûte basaltique, et que le résidu de cette fusion est une amphibolite à grenat, proposez (en vous basant sur la grille PT en annexe C) une estimation du gradient géothermique (en °C/km) qui a permis la genèse de ces laves particulières. Discutez et comparez cette valeur au gradient d'une subduction 'normale' type Mariannes. [1.25 pt]
15. Les Tonalite-Trondhjemite-Granodiorites (TTG) sont des roches acides (~granitoïdes) formant une bonne partie des cratons paléo-protérozoïques et archéens des plaques continentales. Que nous apprennent la figure 5 et le point triple chilien sur une origine possible des TTG et sur l'évolution des gradients géothermiques depuis l'archéen ? [0.75 pt]

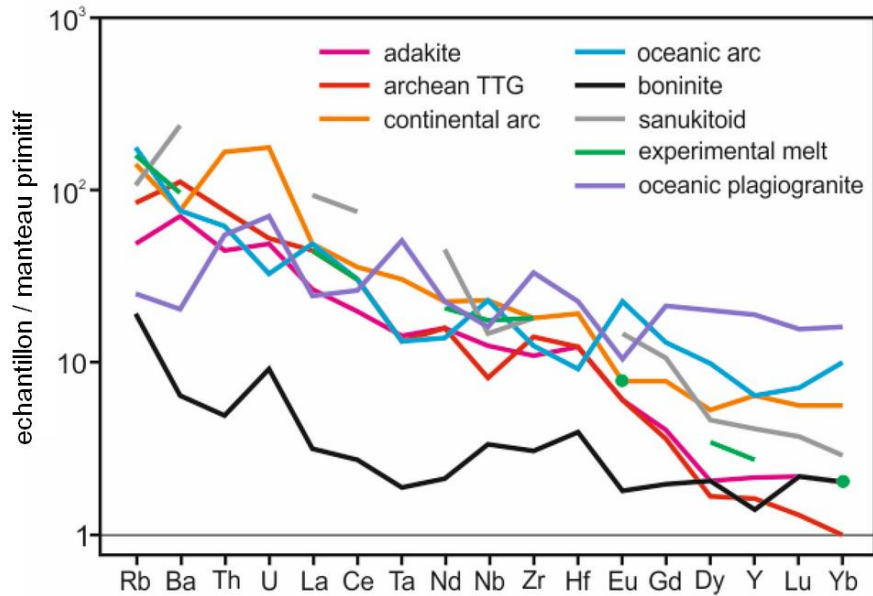


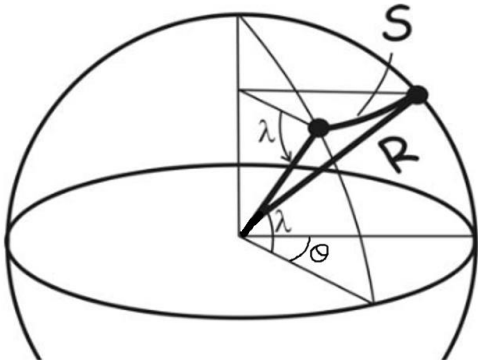
Fig.5: Diagramme présentant les concentrations en certains éléments traces, normalisés à la composition du manteau primitif (d'après Kepezinshskas et al., 2022). Les éléments à gauche du diagramme sont relativement incompatibles. A noter que les terres rares lourdes fractionnent préférentiellement dans le grenat.

## Annexes

Eonothème	Eon	Érathème	Ère	Système	Période	Série	Époque	Etage	Gradstein & Ogg, 2004	GSSP	Odin, 1995	GSSP			
zoïque	Cénozoïque	Quaternaire	q	Holocène	q4	q4	Holocène	q4	0.0118		0.0103				
							Supérieur	q3	0.126		0.130				
							Pléistocène	q1-3	Moyen	q2	0.781		0.780		
									Inférieur	q1	1.806	🔧	1.75 ± 0.05	★	
									Gélasien	p3	2.588	🔧			
							Pliocène	p	Plaisancien	p2	3.600	🔧	3.4		
									Zancléen	p1	5.332	🔧	5.3		
							Miocène	m-p	m	Messinien	m6	7.246	🔧	7.1 ± 0.3	
										Tortonien	m5	11.608	🔧	11.0 ± 0.3	
										Serravallien	m4	13.65		14.7 ± 0.5	
		Langhien	m3	15.97		15.8 ± 0.4									
		Burdigalien	m2	20.43		20.3 ± 0.5									
		Aquitaniens	m1	23.03	🔧	23.0 ± 0.5									
		Chattien	g2	28.4 ± 0.1		28.0 ± 1									
		Paléogène	e-g	Oligocène	Rupélien	g1	33.9 ± 0.1	🔧	33.7 ± 0.5	★					
					Priabonien	e7	37.2 ± 0.1		37 1/0.5						
				Eocène	Bartonien	e6	40.4 ± 0.2		40.0 ± 1						
					Lutétien	e5	48.6 ± 0.2		46.0 1/0.5						
					Yprésien	e4	55.8 ± 0.2	🔧	53.0 ± 1						
				Paléocène	Thanétien	e3	58.7 ± 0.2		59.0 ± 2						
					Sélandien	e2	61.7 ± 0.2								
		Maastrichtien	c6	Daniens	e1	65.5 ± 0.3	🔧	65.0 ± 0.5	★						
				Maastrichtien	c6	70.6 ± 0.6	🔧	72.0 ± 0.5							

Annexe A : Extrait de l'échelle chronostratigraphique internationale

Annexe B

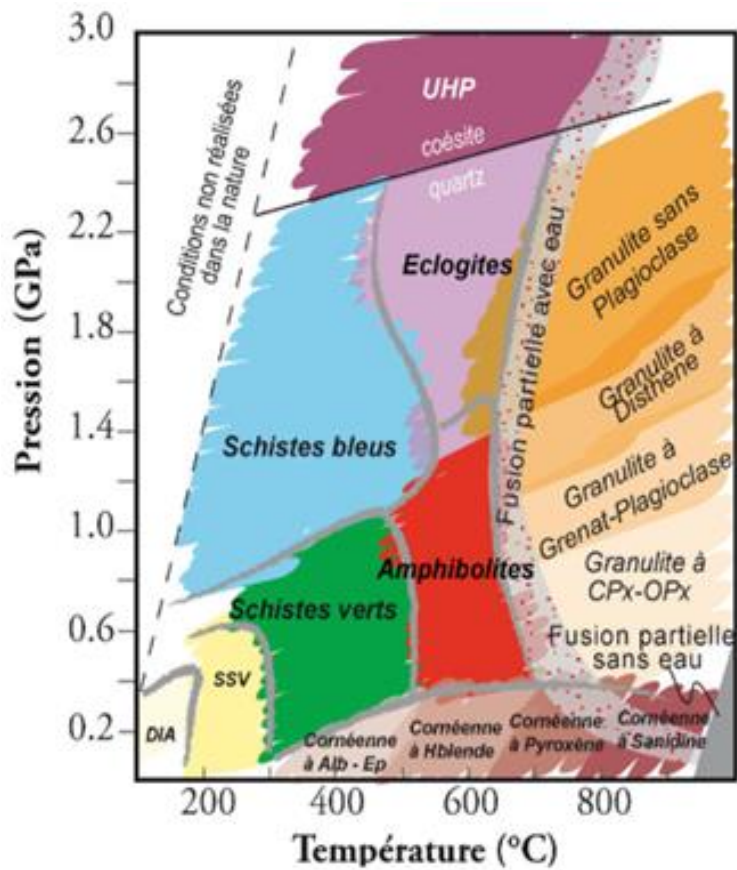


Pour calculer une distance sur une sphère, on utilise la formule suivante :

$$S = (R \cdot \cos \lambda) \cdot \Theta$$

avec  $\lambda$  la latitude,  $R$ , le rayon de la Terre (6371 km) et  $\Theta$  la distance angulaire.

(angles à exprimer en radians)



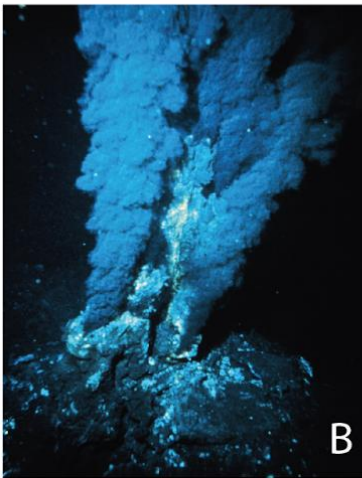
Annexe C : Grille Pression-Température des facies métamorphiques



Chl: chlorite  
 Hm: hematite  
 Mt: magnetite  
 Py: pyrite



A



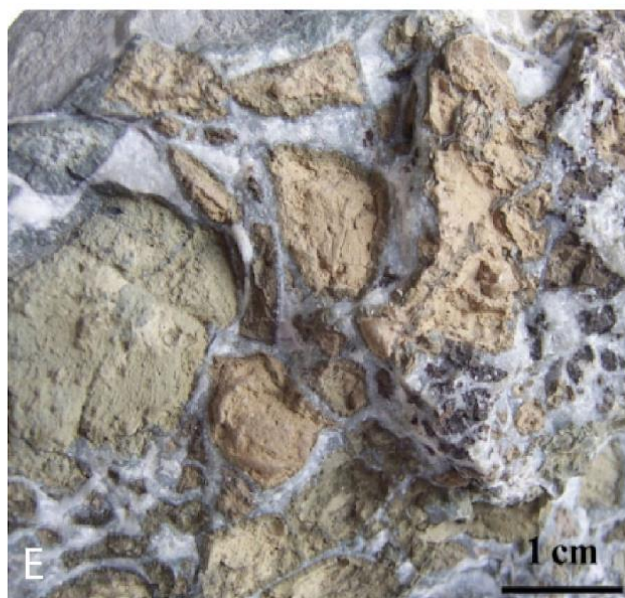
B



C



D



E

Annexe D. A: Échantillon de basalte avec sulfures (Martin et al. 2024: champ: 15 cm). B: Event hydrothermal de plusieurs mètres de haut sur la ride médio-Atlantique © NOAA. C: crustacés pluricentimétriques sur sulfures oxydés © GEOMAR. D: Échantillon de serpentinite, ride SW océan indien; barre échelle: 5 cm. E: brèche de pillow, hyaloclastites et ciment de zéolites (matériel ophiolitique; Ottens et al., 2022).