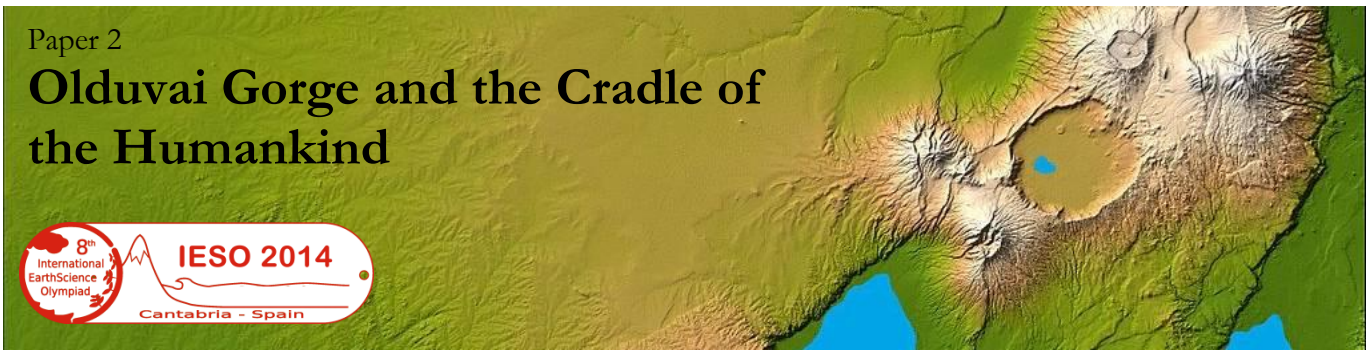


Paper 2

Olduvai Gorge and the Cradle of the Humankind

Le grand rift Est-africain

Les gorges de l'Olduwai (dans le Nord de la Tanzanie) ont souvent été considérées comme le « berceau de l'humanité » et sont classées au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1979. Il s'agit d'une région de la Tanzanie qui abrite les preuves les plus anciennes de l'existence des ancêtres de l'Homme. Ce site, daté de plus de 2 Ma, a été le théâtre de la découverte par les paléoanthropologues de centaines d'os fossilisés et d'outils, ce qui les a conduit à conclure que le genre humain a émergé en Afrique. Il a été occupé par *Homo habilis* approximativement il y a 1,9 Ma, par *Paranthropus boisei* il y a 1,8 Ma et par *Homo erectus* il y a 1,2 Ma.

D'un point de vue géologique, la Tanzanie fait partie d'un large craton pré-cambrien, fragment d'un paléo-continent et constitué de roches magmatiques et métamorphiques comme le granite et le gneiss. Ce socle, immense et géologiquement stable, a évolué en de grandes plaines parsemées de reliefs isolés (appelés inselbergs) présentant des affleurements des roches métamorphiques les plus résistantes. Un bel exemple est la grande plaine du Serengeti, dans le Nord de la Tanzanie.

Cependant, la craton tanzanien est traversé par un système de failles orientées Nord-Sud, plus connu sous le terme de grand rift Est-africain. Un rift est un immense système géologique dû à la rupture d'une plaque lithosphérique, puis à sa scission (séparation) en deux plaques tectoniques. Le grand rift Est-africain fait 4000 km de long et s'étend du Sud de la Turquie à la Tanzanie en passant par la vallée de la Mort, entre la mer Rouge et le Malawi, l'Éthiopie et le Kenya (figure 1). Ce rift consiste largement en une seule ligne, excepté dans le Nord de la Tanzanie où il se divise en deux branches. L'Afrique a commencé à se scinder il y a environ 30 Ma et le rift est toujours actif, avec des mouvements le long de failles et des volcans émettant des laves en surface. À long terme, l'Est de l'Afrique sera séparé du reste du continent et en sera séparé par un océan, ce qui a déjà commencé en mer Rouge.

Le rifting continental a d'importantes conséquences sur le climat et les paysages. Il est souvent associé à des intrusions (remontées) d'importants volumes de magma dans la croûte, générant de grandes zones surélevées qui représentent de conséquentes barrières climatiques et écologiques. Cependant, malgré son nom, le grand rift Est-africain n'est pas précisément une vallée (figure 2). En réalité, il est formé d'une série de chaînes de montagnes traversées par des dépressions occupées par d'immenses lacs (d'où son nom). Ainsi, le rift sépare aujourd'hui les forêts humides de l'Ouest des contrées sèches de l'Est (savane). Cependant, l'écartement du rift est très lent et a progressivement conduit à un changement environnemental, transformant la forêt tropicale en savane et isolant parfois quelques parcelles de forêts. Ce changement de végétation a pu contraindre des Grands Singes à délaisser certaines zones de jungle au profit d'autres, en traversant des savanes où la bipédie présente un avantage non négligeable.

Figure 2. Plaques tectoniques et structure de l'Afrique de l'Est.

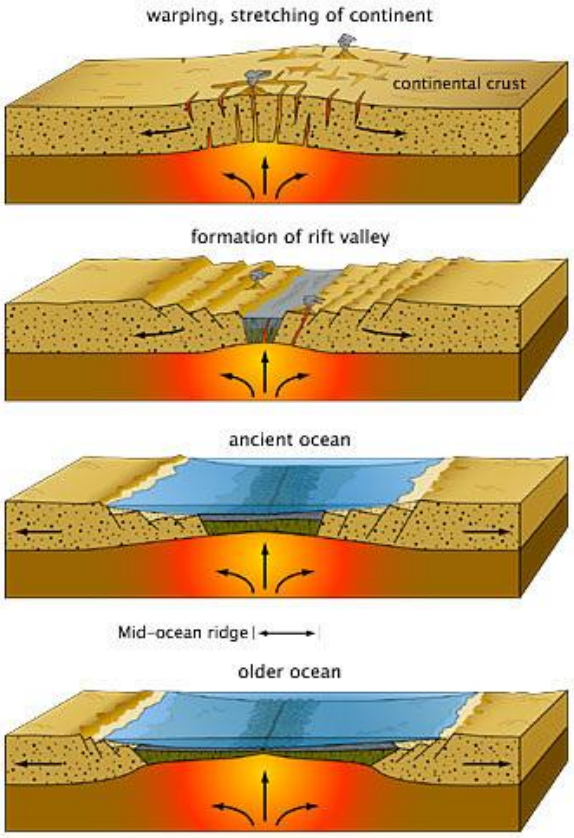


Figure 2. Évolution d'un rift. La phase de rifting est représentée par l'actuelle structure du rift Est-africain. La phase d'ouverture océanique correspond à l'actuelle mer Rouge actuelle. La phase avancée d'océanisation correspona à l'actuel océan Atlantique.

En même temps, de grands lacs superficiels se sont formés dans les plaines situées entre les lèvres du rift – les lacs Eyasi, Manyara et Natron sont situés dans le Nord de l'Afrique. Ces lacs présentent des eaux de surface, des eaux profondes et, très souvent, des eaux hydrothermales. Sous l'influence de l'activité volcanique, ces lacs présentent une diversité géométrique et chimique dont les eaux sont carbonatées, salées et froides. Ces lacs constituent des zones humides isolées en plein milieu de la savane aride.

Enfin, les principaux volcans du Nord de la Tanzanie sont le Kilimandjaro, le Meru et le complexe volcanique Ngorongoro (8 volcans). Au Quaternaire, leurs émissions de laves et de matériel pyroclastique (cendres) ont recouvert les restes (ossements) et les traces de vie (outils en pierre) laissés par les premiers Hominidés. Les cendres pyroclastiques ont largement enrichi l'environnement en calcium et en magnésium, favorisant la fossilisation. Certains de ces dépôts volcano-sédimentaires ont même fossilisé, il y a 3,5 Ma sur les pentes du Lemagrut, les empreintes de pas des premiers *Paranthropus* bipèdes.

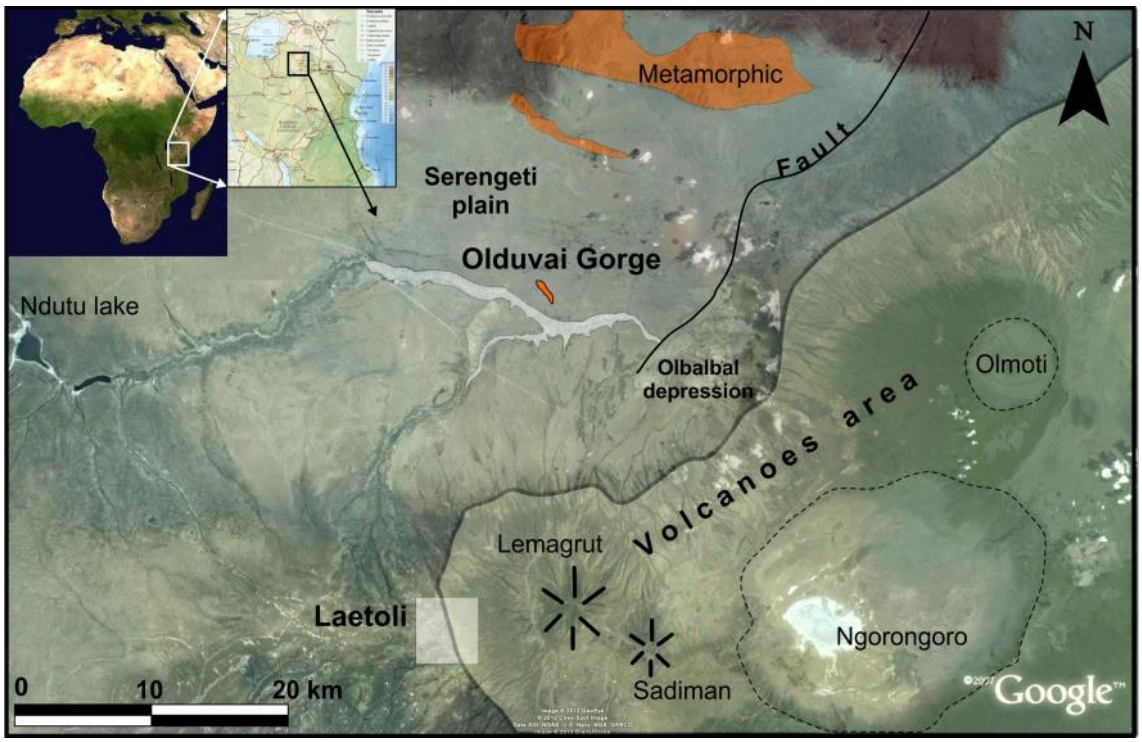


Figure 3. Gorge de l'Olduwai, plaines du Serengeti et principaux volcans alentours.

Les gorges de l'Olduwai

Aux frontières Sud du Seregenti, on trouve les gorges de l'Olduwai à proximité des failles majeures du rift. Il y a 2 Ma, cette région était un grand bassin sédimentaire avec un lac peu profond en son centre (lac Olduwai). Ce bassin était limité au Sud par les coulées de lave du Lemagrut et du Ngorongoro et au Nord par une grande montagne constituée de roches métamorphiques (quartzite) (figure 3).

Dans la mesure où le lac Olduwai était nourri des eaux des rivières descendant des pentes de volcans, sa taille a dramatiquement diminué pendant les périodes de sécheresse jusqu'à s'assécher.

La sédimentation dans le bassin était la conséquence d'un transport fluviatile (matériaux avec des traces de transport et d'abrasion) et de matériaux volcaniques (cendres, lapilli, bombes, …). Les matériaux volcaniques de taille grossière (lapilli, bombes, …) correspondent à des émissions pyroclastiques à grande vitesse et haute température. Cependant, les cendres déposées et les poussières volcaniques se sont transformées en argiles qui se sont déposées au fond du lac.

La disponibilité en eau et la végétation ont attiré les animaux de la région. Les premiers Hominidés vinrent dans cette région pour l'eau et pour chasser et exploitèrent également le basalte et la quartzite comme matières premières pour leurs outils lithiques. En outre, la composition chimique des émissions volcaniques a influencé celle de l'eau, dont le pH a ainsi augmenté, et facilité les processus sédimentaires et la minéralisation, ce qui a contribué à la préservation des restes animaux et des outils lithiques, ces derniers constituant des dépôts archéologiques.

Les scientifiques de diverses spécialités ont divisé la séquence sédimentaire du bassin entre 4 unités principales (lits I, II, III et IV). Ils représentent les deux derniers millions d'années de l'histoire de la Terre et contiennent divers fossiles d'Hominidés qui ont vécu pendant cette période (*Paranthropus*, *Homo habilis*, *Homo ergaster*, *Homo sapiens*).

Les lits I et II sont les plus intéressants des points de vue paléontologique et archéologique. Pendant la sédimentation du lit I (figure 4), le grand lac central était un des éléments majeurs du paysage et le cœur de l'activité des premiers Hominidés. À l'époque du dépôt du lit II (approximativement entre 1,78 et 1,2 Ma), le climat devint plus aride, le lac fut divisé en de petits lacs éphémères et les rivières le devinrent également. Au fil du temps, 100 mètres de sédiments s'accumulèrent dans ce bassin, ce qui forme l'actuelle grande plaine.

Cependant, vers la fin du Pléistocène, de grandes failles associées au rift ont entraîné un abaissement du fond du lit de la rivière Olduwai de 100 mètres. Ce qui a commencé par être un petit sillon (orienté Ouest-Est pour atteindre la dépression d'Olbalbal) est devenu l'actuelle gorge d'Olduwai qui recoupe les couches qui comblent le lac et offrent un environnement privilégié aux restes paléontologiques et archéologiques qu'elles contiennent (figure 5).

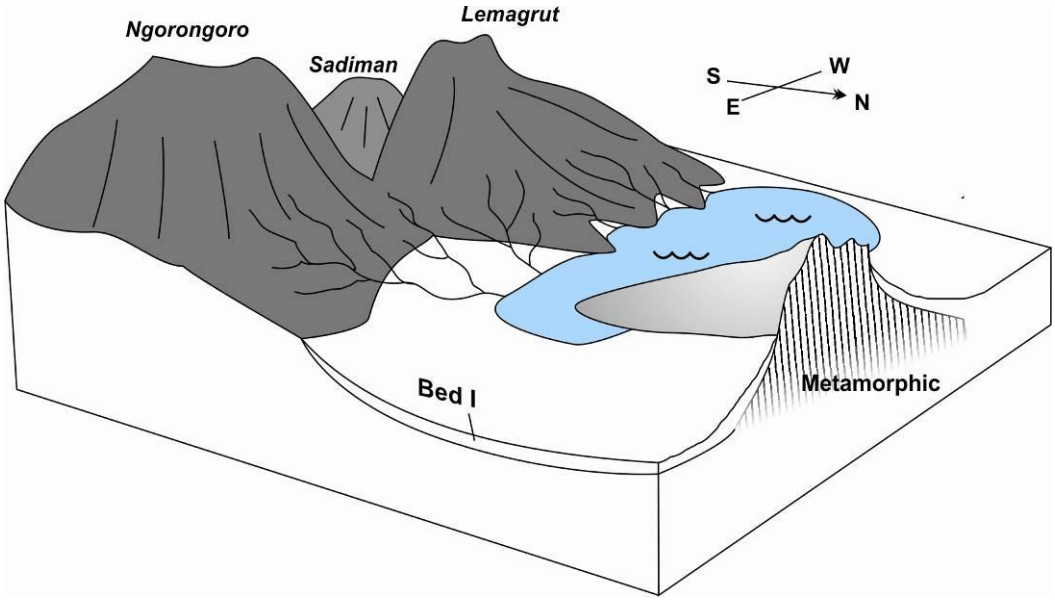


Figure 4. Bassin de l'Olduwai pendant la phase sédimentaire du lit I (de 2 à 1,78 Ma).

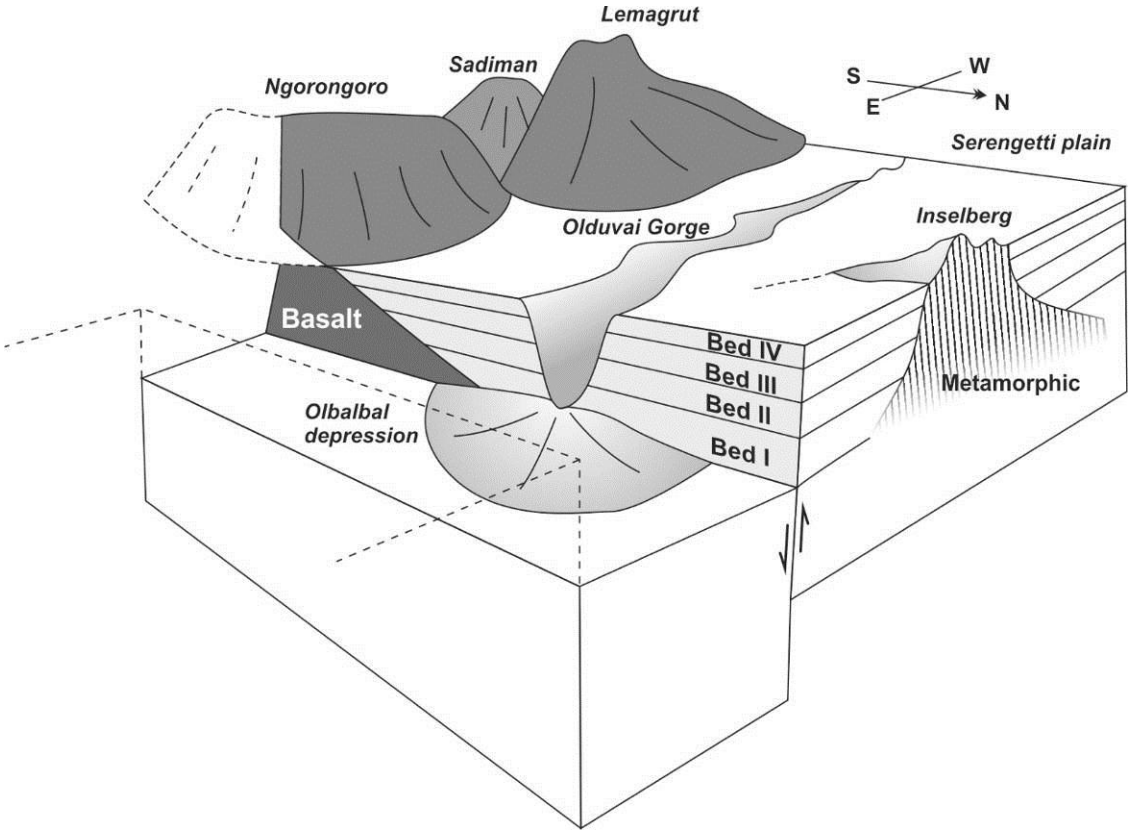


Figure 5. Bloc-diagramme illustrant l'actuelle gorge d'Olduwai.

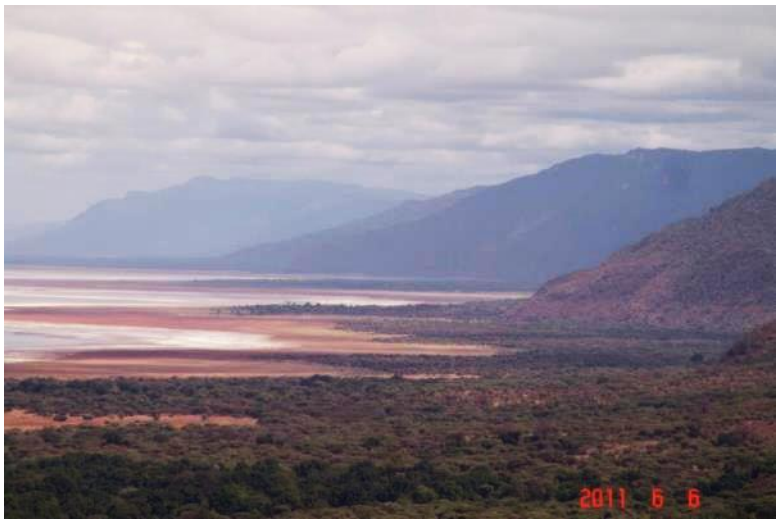


Figure 6. Lac Manyara dans le rift africain (Tanzanie).

Figure 7. Conséquences actuelles d'une émission pyroclastique. Source: http://volcano-club.blogspot.com.es

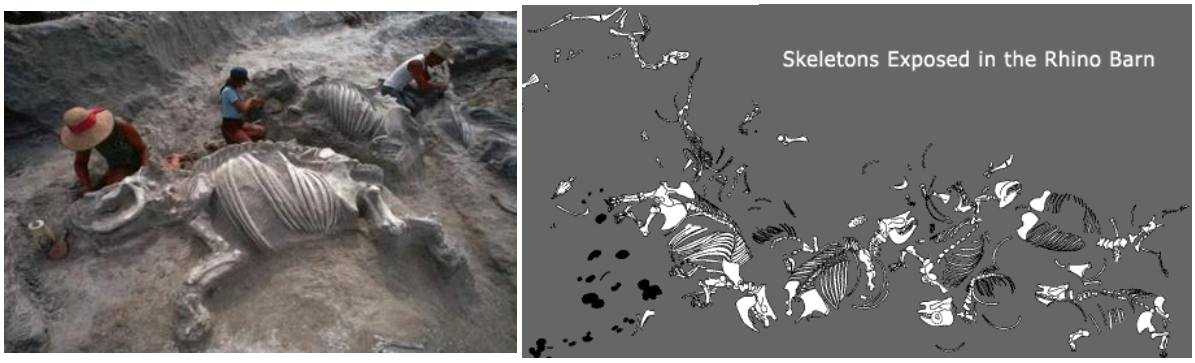


Figure 8. Conséquences passées d'émissions pyroclastiques : des centaines de squelettes fossilisés dans des lits de cendres du Nebraska.

1. Parmi les options suivantes, la ou lesquelles décrivent le mieux l'effet de l'ouverture du rift africain sur l'émergence de la bipédie chez les premiers Hominidés ?

   a) La barrière climatique de l'ombre pluviométrique a transformé la forêt en savane.
   b) L'activité volcanique crée une grande diversité des écosystèmes.
   c) L'apparition d'un grand nombre de lacs.
   d) La formation d'un couloir de communication continental Nord-Sud.

2. Comment expliquer le grand nombre de sites archéologiques dans la vallée du rift africain ?

   a) Par l'émission de matériaux pyroclastiques préservant les restes.
   b) Par la présence de nombreuses ressources en eau dans la région.
   c) Par la présence d'une grande quantité de roches permettant la fabrication d'outils.
   d) Par la présence de lacs salés dans le rift.

3. Quelles roches sont les plus adaptées à la fabrication d'outils à Olduwai ?

   a) Gneiss oeillé.
   b) Quartzite métamorphique foliée.
   c) Schiste à grenat.
   d) Lave basaltique à grains très fins(microgranulaire).
   e) Lave basaltique à gros phénocristaux d'olivine.

4. Dans la colonne stratigraphique de la figure 9, le site archéo-paléontologique B est situé sur des argiles lacustres et est recouvert par une formation pyroclastique à stratifications entrecroisées. Le site A est situé au sommet de cette formation pyroclastique (lapilli), il est recouvert par cendres volcaniques dont les lamines sont parallèles. Où a-t-on le plus de chance de trouver un squelette intact ?

   a) Dans chacun des deux sites, car la densité des sédiments est très faible.
   b) Dans le site A, car les cendres se sont deposées lentement.
   c) Dans le site B, car les lapilli se sont déposés très rapidement.
   d) Ni l'un ni l'autre, car la haute température des lapili et des cendres détruit les ossements.

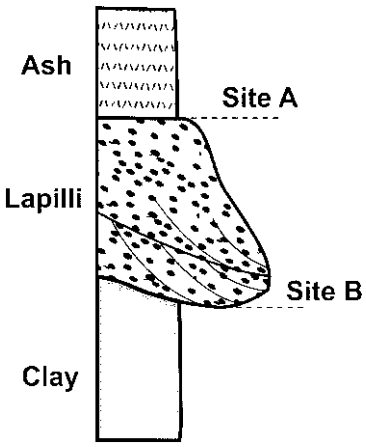


Figure 9. Colonne stratigraphique des sites A et B.

5. Quel type de matériaux recouvre et préserve les empreintes de pas de Laetoli ?

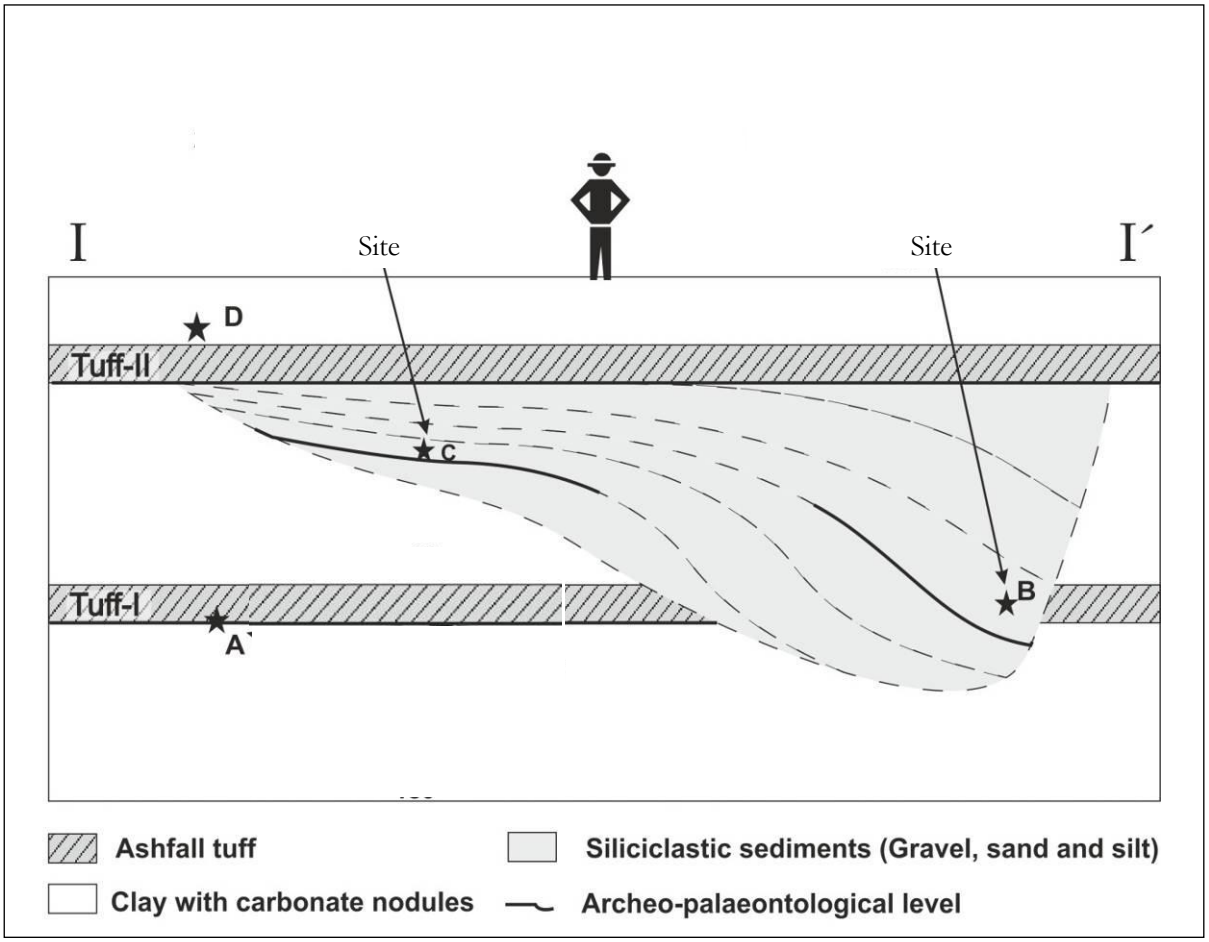
   a) Des cendres.
   b) Des lapilli.
   c) Des tephras.
   d) Des laves.
   e) Des graviers.
   f) Du sable grossier.

6. Quel type d'évènement géologique s'est produit à l'époque où la famille de Paranthrope marchait sur les pentes de Lemagrut ?

   a) Un tsunami lacustre.
   b) Un séisme de magnitude 8 sur l'échelle de Richter.
   c) Un volcanisme strombolien.
   d) Un volcanisme hawaïen.

7. Comment expliquer l'excellente fossilisation des os à Olduwai ?

   a) La présence de lacs peu profonds avec dépôts de sels.
   b) L'altération des roches métamorphiques.
   c) L'émission de carbonatites par l'éruption du volcan d'Oldoynio Lengai (laves riches en carbonates de magnésium).
   d) La présence de tufs volcaniques et de basaltes riches en feldspaths calciques.



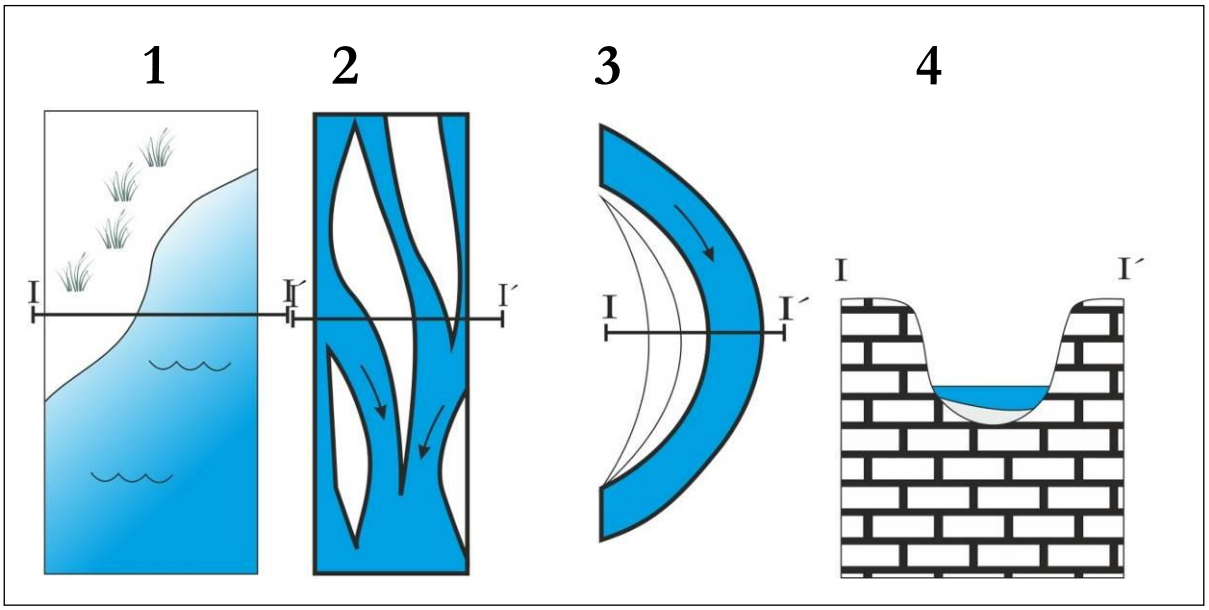


Figure 10. Au dessus : Coupe géologique du site BK (Bell's Korongo) situé au sommet du lit n°2 (Bed II) d'Olduwai. La coupe montre les 4 niveaux archéologiques (A, B, C et D).

Au dessous : La representation simplifiée de 4 milieux de dépots.(1, 2, 3 et 4).

8. Dans le lit numéro II (Bed II), quel processus explique pourquoi 90 % de la faune fossile est préservée dans un environnement fluviatile ?

   a) Le climat aride réduit la taille des lacs contraignant la faune à passer plus temps à proximité des rivières.
   b) Le climat est plus humide et par conséquent les rivières sont en crue.
   c) La faune est plus adaptée aux berges des rivières.
   d) La grande vitesse des rivières permet le transport, le dépôt et la préservation des os et des restes archéologiques.

Prenez en compte la figure 10 pour répondre aux questions suivantes :

9. Parmi les milieux de dépôts proposés en bas de la figure 10, choisissez celui qui correspond le mieux aux sites A et D présentés en haut de la figure 10.

[Choisissez la bonne réponse sur votre feuille de réponse]

10. Parmi les milieux de dépôts proposés en bas de la figure 10, choisissez celui qui correspond le mieux aux sites C et B présentés en haut de la figure 10.

[Choisissez la bonne réponse sur votre feuille de réponse]

L'un des principaux défis de la paléontologie est de déterminer l'âge des fossiles. Les découvertes n'ont aucun sens si elles ne peuvent pas être datées. La datation est un travail complexe. Depuis les méthodes les plus basiques des premiers géologues, les techniques de datation ont énormément évolué.

11. En utilisant la figure 10, choisissez, parmi les propositions suivantes, l'ordre chronologique des quatre sites (du plus ancien au plus récent).

   a) A > B > C > D
   b) B > C > D > A
   c) C > D > A > B
   d) D > A > B > C
   e) D > B > C > A
   f) A > C > B > D
   g) D > C > B > A
   h) D > B = C > A
   i) A > C = B > D
   j) Impossible à déterminer.

12. Lorsque vous avez répondu à la question précédente, vous avez utilisé une méthode de datation. Parmi les propositions, choisissez les deux meilleures possibilités qui décrivent le mieux la méthode que vous avez utilisée.

    a) Datation absolue.
    b) Datation par corrélation.
    c) Datation relative.
    d) Chronostratigraphie.
    e) Datation radiométrique.
    f) Principe d'actualisme.
    g) Principe de superposition.
    h) Principe de stratifications entrecroisées.
    i) Principe de stratifications entre coupées.

13. Lequel de ces couples de géochronomètres peut être utilisé sur ces sites paléontologiques ?

    a) K/Ar
    b) Ce/U
    c) Pb/Ca
    d) He/Ar

Les structures géologiques sont également des indices pour les recherches paléontologiques. La figure 11 montre une carte géologique simplifiée. Un schéma simple peut être d'une grande aide pour les fouilles paléo-archéologiques.

14. A quel type de faille correspond la structure F1 ?

    a) Normale.
    b) Inverse.
    c) Décrochante.
    d) Rotationnelle.

15. A quel type de faille correspond la structure F2, sachant que le plan de faille a un pendage de 30° vers l'Est ?

    a) Normale.
    b) Inverse.
    c) Décrochante.
    d) Rotationnelle.

16. Choisissez la meilleure description du mouvement relatif de part et d'autre de la faille F2.

    a) BL est remonté par rapport à BC.
    b) BC est remonté par rapport à BR.
    c) BR est remonté par rapport à BL.
    d) Il est impossible de le déterminer.

17. Ces failles affectent des structures qui peuvent être définies comme :

    a) Une intrusion de type diapir.
    b) Une intrusion de type lopolite.
    c) Des strates parallèles.
    d) Des stratifications entrecroisées.
    e) Des plis symétriques.
    f) Des plis asymétriques.

18. Les valeurs des pendages au Nord de la carte devraient être :

    a) Egales aux valeurs des pendages au Sud.
    b) Plus élevées que les valeurs des pendages au Sud.
    c) Moins élevées que les valeurs des pendages au Sud.
    d) Impossibles à déterminer.

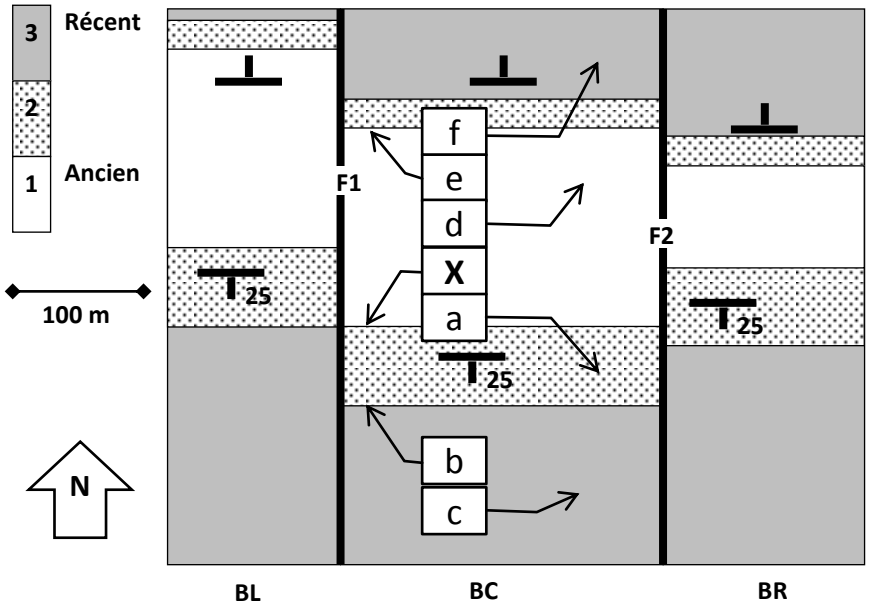


Figure 11. Carte géologique simplifiée d'un site paléontologique plissé. F1 et F2 sont des failles. Les unités sédimentaires ont été datées relativement, comme le montre la colonne stratigraphique.Les symboles en T donne le sens (et la valeur) du pendage des strates. BL : Bloc de gauche. BC : Bloc du centre. BR : Bloc de droite. a, b, c, d, e, f et X sont des lieux.

Le contact marqué par la lettre X de la figure 11 est un site paléontologique. Dans celui-ci, l'unité 2 recouvre les empreintes de pas d'Hominidés et de girafes laissées sur l'unité 1. Les scientifiques ont décidé d'explorer cette zone et de creuser dans les différents endroits qu'ils considéraient comme les plus intéressants d'un point de vue archéologique.

19. Le plissement s'est produit :

    a) Au même moment que les empreintes de pas.
    b) Avant les empreintes de pas.
    c) Après les empreintes de pas.
    d) Il est impossible de le déterminer.

20. Choisissez l'endroit où il vous semble le plus probable de trouver des fossiles similaires à ceux trouvés sur le site X.

[Choisissez la bonne réponse sur votre feuille de réponse]

21. Choisissez l'endroit où il faut le moins creuser pour atteindre les mêmes fossiles qu'en X.

    a) En a.
    b) En e.
    c) En a et en f.
    d) Il est impossible de trouver des fossiles en a ou en e.
    e) C'est impossible de le savoir.

La biologie, les Sciences de la Terre et l'Astronomie sont profondément interconnectées. Elles sont fondamentales pour divers sujets d'actualité comme l'exploration des planètes, le développement d'une agriculture à fort rendement…

La question suivante faisait partie du test de sélection d'une école d'astronautes.

22. En vous basant sur les données suivantes, quelle est selon vous la planète qui pourrait correspondre à Jupiter ?

[Choisissez la bonne réponse sur votre feuille de réponse]

	Planète A	**Planète B**	**Planète C**	**Planète D**
Masse (kg)	5.69×10^{26}	8.68×10^{25}	1.90×10^{27}	1.02×10^{26}
Température moyenne de surface (K)	88	59	120 (au sommet des nuages)	48
Atmosphère	75% d'hydrogène 25% d'hélium traces d'eau, de méthane et d'ammoniac.	83% d'hydrogène 15% d'hélium 2% de méthane	90% d'hydrogène 10% d'hélium traces d'eau, de méthane et d'ammoniac.	74% d'hydrogène 25% d'hélium 1% de méthane

Vous avez été accepté en tant qu'astronaute pour une mission. Il est temps d'étudier les 4 planètes suivantes et de constater si certaines d'entre elles peuvent acceuillir la vie humaine. La planète que vous recherchez a des températures modérées et de l'eau liquide.

23. Vos instruments vous indiquent les données suivantes. Laquelle de ces planètes pourrait être habitable pour l'Homme ?

	Planète E	**Planète F**	**Planète G**	**Planète H**
Masse (kg)	4.87×10^{24}	6.42×10^{23}	5.98×10^{24}	3.3×10^{23}
Température moyenne de surface (K)	726	310	281	452
Atmosphère	96.5% de dioxyde de carbone 3.5% de diazote	95.3 de dioxyde de carbone 2.7% de diazote 1.6% d'argon 0.15% de dioxygène trace d'eau	70% de diazote 26% de dioxygène 2% d'argon trace de dioxyde de carbone et d'eau	Pas d'atmosphère
Satellites	0	2	1	0

http://evolution.berkeley.edu/evosite/evohome.html

La phylogénie est essentielle en biologie de l'évolution. Les cladogrammes sont des représentations phylogénétiques définissant les clades (groupes) dans lesquels tous les organismes sont les descendants d'un ancêtre commun. Dans cet exercice, nous nous intéresserons au cas des reptiles et des oiseaux. Utilisez ces informations pour répondre à la question.

24. En utilisant le tableau suivant, choisissez les bonnes réponses parmi les propositions suivantes :

a) Les Dinosaures sans les Oiseaux (Non-avian dinosaurs) forment un clade.
b) Les groupes *Testudines*, *Squamata*, *Archosauria*, et *Crocodylomorpha* forment 4 clades.
c) Les Tortues (Turtles) et les crocodiles ont partagé autant de niveaux de diversification.
d) D'un point de vue évolutif, les Oiseaux (Birds) et les serpents (Snakes) sont plus proches entre eux que les Oiseaux le sont des Crocodiles.
e) Soit nous ne devons plus considérer les « reptiles » comme un clade phylogénétique valide, soit nous devons commencer à considérer les oiseaux comme des reptiles.
f) Les Dinosaures ne sont pas éteints car les Oiseaux font partie du clade des Dinosaures.

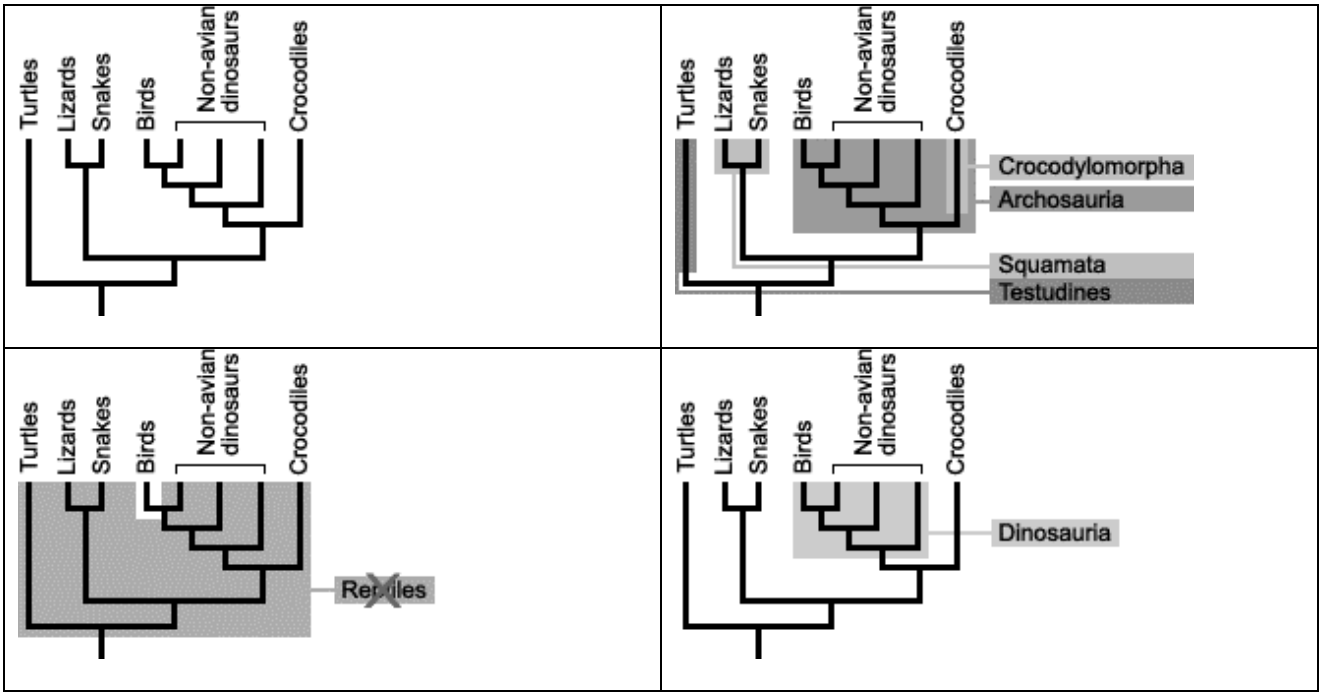


Figure 12. Profil

25. Choisissez la ou les bonne(s) proposition(s) à propos de la figure 12. L'ensemble du profil est :

    a) Une séquence sédimentaire.
    b) Un sol.
    c) Un profil d'érosion.
    d) Une accumulation de matière organique.

26. En utilisant la figure 12, les pratiques mécaniques agricoles, comme le labour perturbent :

    a) Tous les niveaux.
    b) Les niveaux supérieurs.
    c) Les niveaux inférieurs.
    d) Aucun d'entre eux.

27. En utilisant la figure 12, les pratiques agricoles intensives ont des conséquences d'un point de vue chimique sur :

    a) Tous les niveaux.
    b) Les niveaux supérieurs.
    c) Les niveaux inférieurs.
    d) Aucun d'entre eux.