

TD

Effets du climat et de l'insularité sur l'évolution

Les mesures du rapport en isotopes de l'oxygène ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) des tests de foraminifères benthiques et planctoniques, nous révèlent que la Terre subit des variations climatiques cycliques, formalisées par Milutin Milankovitch en 1941. Ce dernier a mis en évidence le lien unissant la distance Terre / Soleil, soumise aux mouvements astronomiques de notre planète.

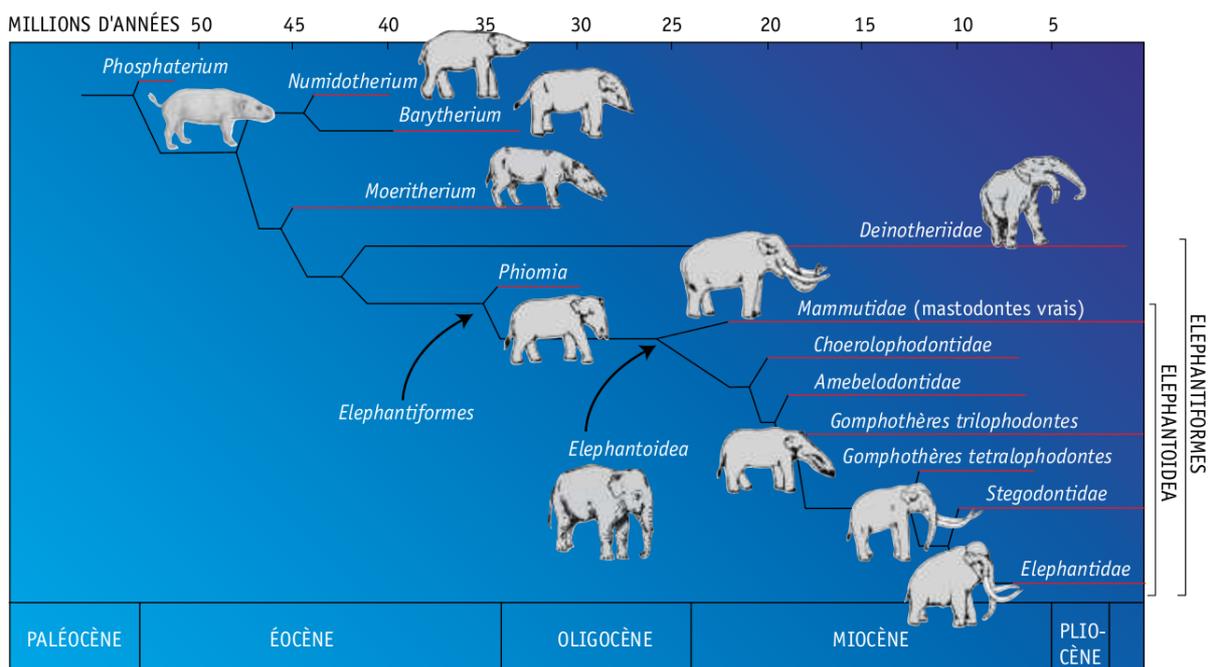
Les principales variations connues sont l'excentricité de l'orbite terrestre (période de 100 000 ans), l'obliquité de l'écliptique (période de 40 000 ans) et enfin la précession des équinoxes (période de 20 000 ans).

Ces variations régulières des paramètres orbitaux pourraient nous amener à envisager des conséquences climatiques elles aussi invariables, mais ce serait une erreur, car la Terre n'est pas un objet homogène, tant du point de vue lithosphérique, qu'atmosphérique.

I- La disparition du Mammouth :

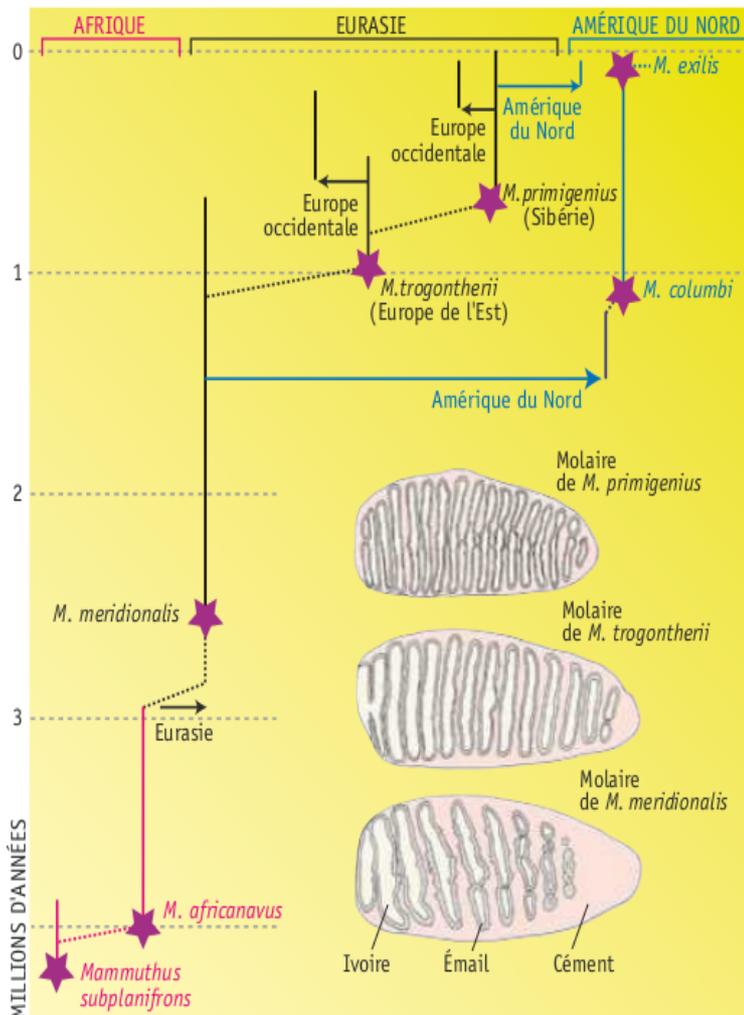
Le Mammouth fait partie, au même titre que les éléphants actuels, de l'ordre des proboscidiens, mammifères dotés d'une trompe, qui ont vu le jour il y a 55 millions d'années (Ma). Les mammouths tels que nous les connaissons sont apparus il y a un peu plus de 4 Ma en Afrique, avant de se disséminer dans le monde, au grès des glaciations.

Document 1 : généalogie des proboscidiens



Ainsi, l'Europe voit s'installer le mammouth méridional (*Mammuthus meridionalis*) il y a 2,5 Ma, qui sera à l'origine de toutes les espèces de Mammouths récentes.

Document 2 : évolution des mammouths

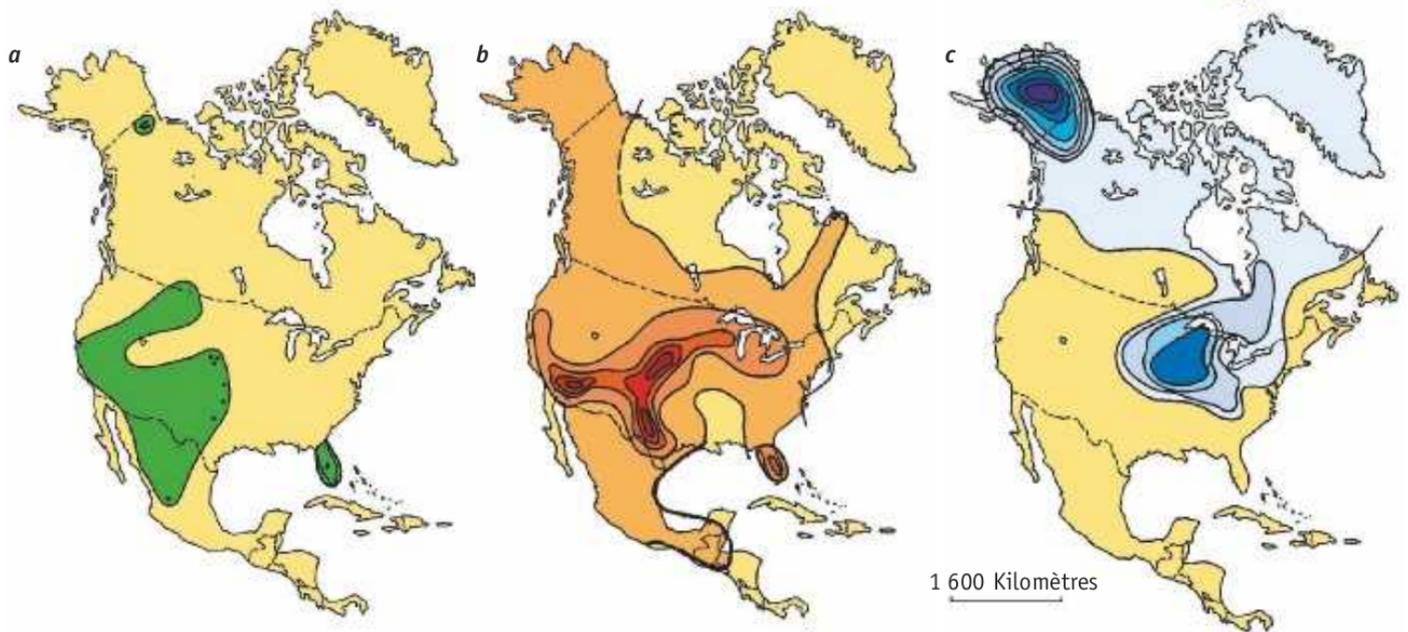


L'ÉVOLUTION DES MAMMOUTHS est le reflet de leurs dispersions. Ces animaux naissent en Afrique (*Mammuthus subplanifrons* et *M. africanavus*), puis, entre 2,6 et 3 millions d'années, se dispersent en Eurasie où ils donnent naissance au mammouth méridional (*M. meridionalis*). L'espèce *M. trogontherii* apparaît en Europe de l'Est avant de se répandre vers l'Ouest, il y a 600 000 ans, au moment où, en Sibérie, se différencie le mammouth laineux (*M. primigenius*). Ce dernier s'étend à son tour en Europe occidentale, il y a 200 000 ans. *M. primigenius* s'éteint il y a 4 000 ans en Sibérie et il y a 10 000 ans en Amérique du Nord. L'évolution des trois espèces de mammouths eurasiatiques est illustrée par le nombre de lames d'émail dans les molaires : schématiquement, plus l'espèce est évoluée, plus ce nombre est grand. Les mammouths Nord-américains sont issus de deux dispersions, de *M. meridionalis* d'abord, puis de *M. primigenius*. Le premier est à l'origine des deux espèces américaines, *M. columbi* et *M. exilis* (les traits verticaux représentent les extensions stratigraphiques ; les étoiles, les spéciations ; les traits discontinus, les relations de parenté ; les flèches, les dispersions).

La disparition assez brutale des Mammouths, il y a 10 000 ans, semble étroitement liée aux variations climatiques.

La conquête des continents depuis l'Afrique se produit à la faveur de glaciations, ainsi le mammouth méridional a colonisé le continent Américain il y a 1,5 Ma, suivi du mammouth laineux il y a 100 000 ans.

Lorsque *Mammuthus primigenius* arrive en Amérique du nord, via le détroit de Bering, le mammouth méridional a évolué en mammouth de Colomb, particulièrement adapté aux écosystèmes méridionaux rencontrés jusqu'au Mexique ou en Floride.

Document 3 : distribution géographique des mammouths

LES DISTRIBUTIONS GÉOGRAPHIQUES des mammouths Nord-américains (pour chacun, plus la couleur est foncée, plus le nombre de spécimens trouvés dans la zone est grand). Le mammouth méridional est le premier mammouth à peupler l'Amérique. Son territoire (a, en vert) s'étendait du Nord du Canada, par où il était arrivé, jusqu'en Floride et au Mexique. Les dates des spécimens

trouvés révèlent sa progression sur le continent. Cette espèce a évolué et a donné naissance au mammouth de Colomb, l'espèce la plus répandue (b, en orange) et la plus nombreuse. Il est descendu jusqu'au Costa Rica. Enfin, le mammouth laineux a lui aussi franchi le détroit de Béring quand il était émergé et a colonisé le Canada et le Nord-Est des États-Unis (c, en bleu).

Ces deux mammouths ne sont jamais entrés en concurrence car inféodés à des écosystèmes différents, mais il est intéressant de noter que leur disparition fut synchrone, il y a 10 000 ans.

Autre élément particulièrement intéressant dans l'histoire évolutive des mammouths, provient du fait que des mammouths de Colomb ont colonisé Santa Rosae, la super-île du Pléistocène, et ont donné naissance aux mammouths pygmées (*Mammuthus exilis*), moitié moins grands que leurs ancêtres (2m au garrot). C'est un exemple parfait de nanisme insulaire !

Document 4 : géographie actuelle et passé de Santa Rosae

On explique cette colonisation par une baisse de qualité de l'écosystème continental, lors de sécheresses ou de froids plus rigoureux.

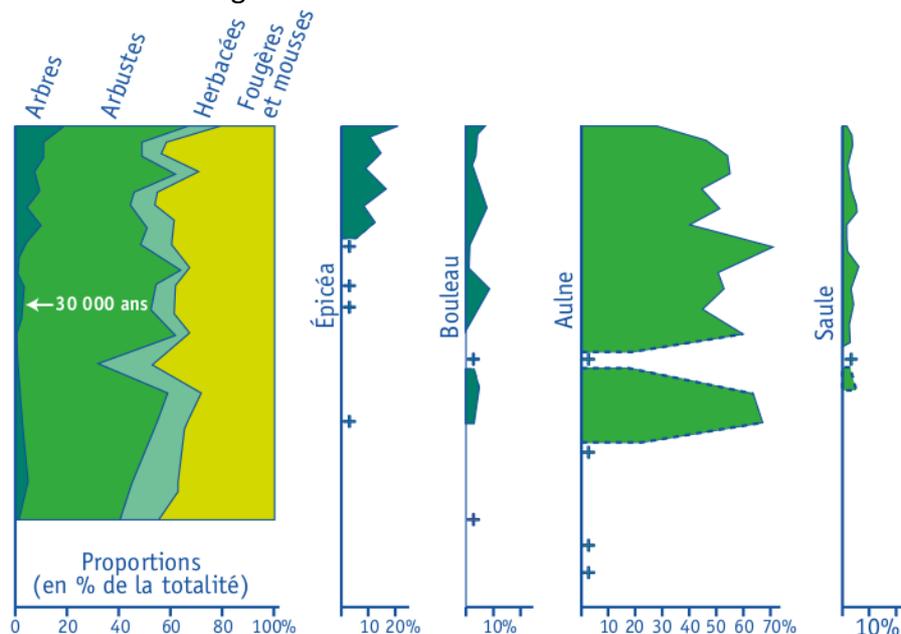
Question : comment expliquer la meilleure qualité des écosystèmes insulaires face aux écosystèmes continentaux proches ?

Question : comment expliquer la diminution en taille des mammouths alors que l'écosystème semble plus favorable ?

Question : expliquez en quoi le réchauffement climatique a augmenté la pression sélective sur *Mammuthus exilis*.

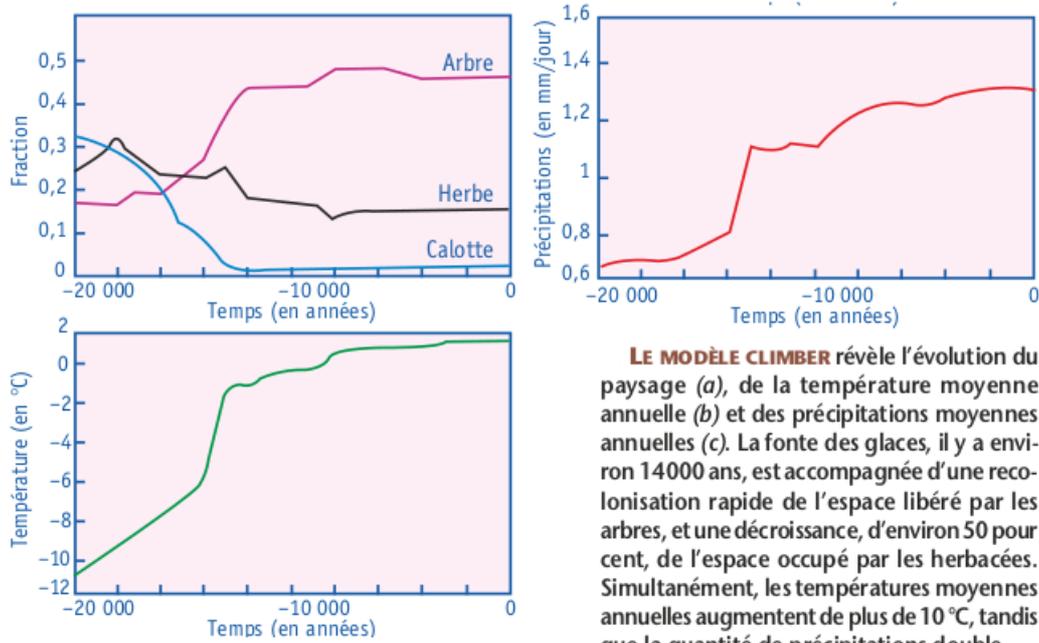
L'instabilité climatique qui débute il y a 50 000 ans va provoquer des changements profonds des écosystèmes, qui semblent avoir entraîné, ou au moins amorcé la disparition des mammouths.

Document 5 : reconstitution de la végétation Sibérienne des 60 000 dernières années



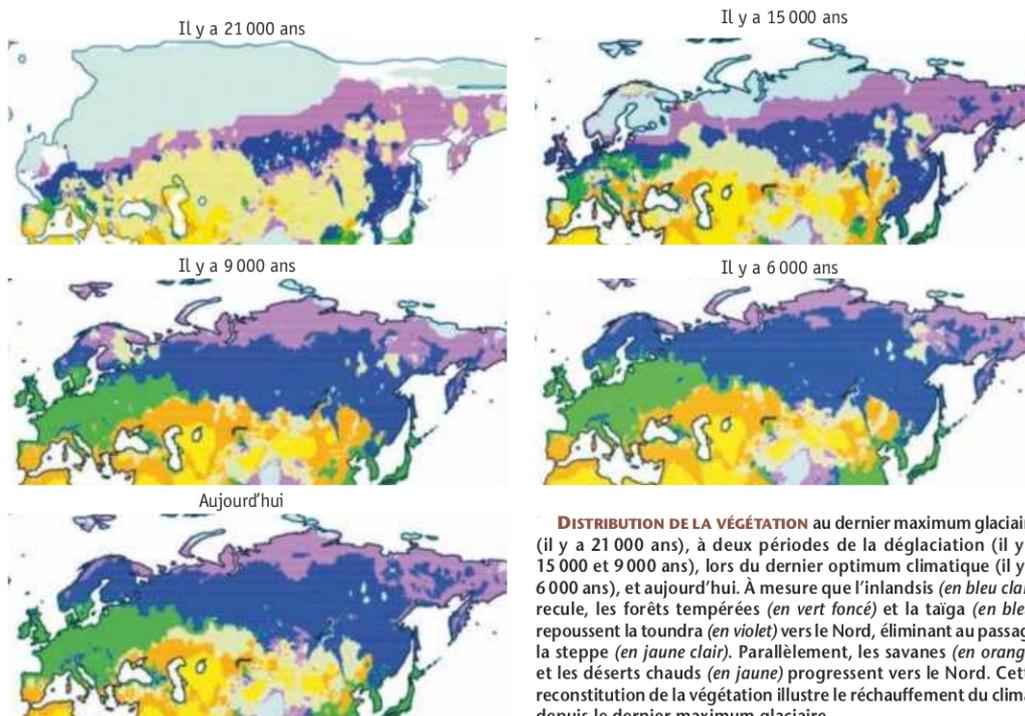
RECONSTITUTION DE L'ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION à partir de l'analyse des pollens et des spores trouvés dans les couches géologiques près de la rivière Novaya, en Sibérie. Le diagramme global (à gauche) montre les proportions des types de plantes en fonction du temps : d'abord rares, les arbres deviennent de plus en plus nombreux à partir de 30 000 ans, illustrant ainsi l'avancée de la taïga au détriment de la steppe. L'examen détaillé pour chaque espèce (à droite) confirme cette avancée des arbres. Les pourcentages correspondent à la proportion de chaque genre végétal : le pollen d'épicéa, d'abord présent à l'état de traces (les croix), représente dans la couche supérieure plus de 20 pour cent du pollen des arbres.

Document 6 : le modèle de Climber



LE MODÈLE CLIMBER révèle l'évolution du paysage (a), de la température moyenne annuelle (b) et des précipitations moyennes annuelles (c). La fonte des glaces, il y a environ 14000 ans, est accompagnée d'une recolonisation rapide de l'espace libéré par les arbres, et une décroissance, d'environ 50 pour cent, de l'espace occupé par les herbacées. Simultanément, les températures moyennes annuelles augmentent de plus de 10 °C, tandis que la quantité de précipitations double.

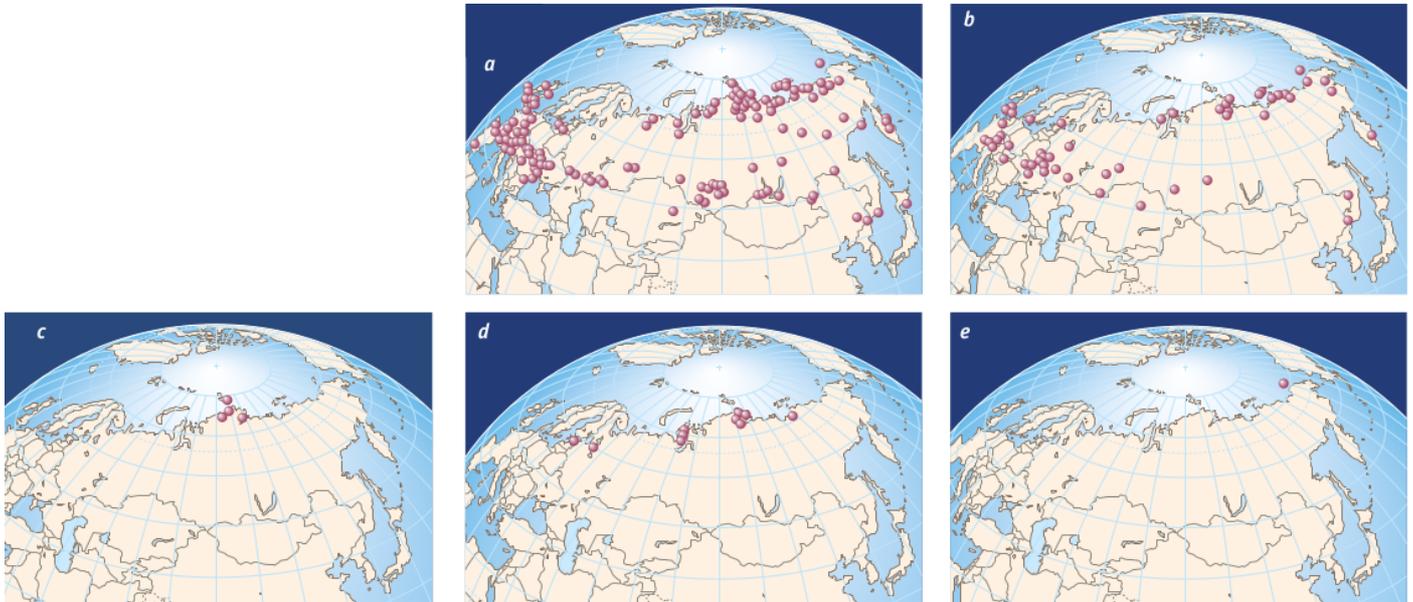
Document 7 : distribution de la végétation eurasiatique depuis 21 000 ans



DISTRIBUTION DE LA VÉGÉTATION au dernier maximum glaciaire (il y a 21 000 ans), à deux périodes de la déglaciation (il y a 15 000 et 9 000 ans), lors du dernier optimum climatique (il y a 6 000 ans), et aujourd'hui. À mesure que l'inlandsis (en bleu clair) recule, les forêts tempérées (en vert foncé) et la taïga (en bleu) repoussent la toundra (en violet) vers le Nord, éliminant au passage la steppe (en jaune clair). Parallèlement, les savanes (en orange) et les déserts chauds (en jaune) progressent vers le Nord. Cette reconstitution de la végétation illustre le réchauffement du climat depuis le dernier maximum glaciaire.

Document 8 : répartition des populations de mammouths laineux sur le continent eurasiatique depuis 36 000 ans (datation au ^{14}C)

	Image a : 36 000 à 16 000 ans	Image b : 16 000 à 12 000 ans
Image c : 12 000 à 11 000 ans	Image d : 11 000 à 9500 ans	Image e : 8000 à 3700 ans



Question : retracez et expliquez, à l'aide des documents précédents, l'extinction des mammouths.

En 1993, le paléontologue russe Sergey Vartanyan et son équipe, découvrent des fossiles de mammouths sur l'île de Wrangel, située au nord-est de la Russie, à 200 Km des côtes et longue de 150 Km. La datation de ces fossiles donne des âges allant de 7000 à 4000 ans, soit 6000 ans après la disparition « officielle » des mammouths !

Ces mammouths étaient de petite taille, car ils n'excédaient pas 2m au garrot, les spécimens les plus anciens étant les plus grands. Ces mammouths purent accéder à l'île de Wangrel car le niveau de la mer, il y a 12 000 ans était si bas que le passage à pied de la Sibérie vers l'Alaska était possible.

Lors du réchauffement qui suivit, le niveau de la mer isola ces populations qui évoluèrent tant bien que mal, jusqu'à 4000 ans, date supposée de l'arrivée des premières populations humaines...

Question : expliquez en quoi nous sommes face à un cas incontestable de nanisme insulaire.

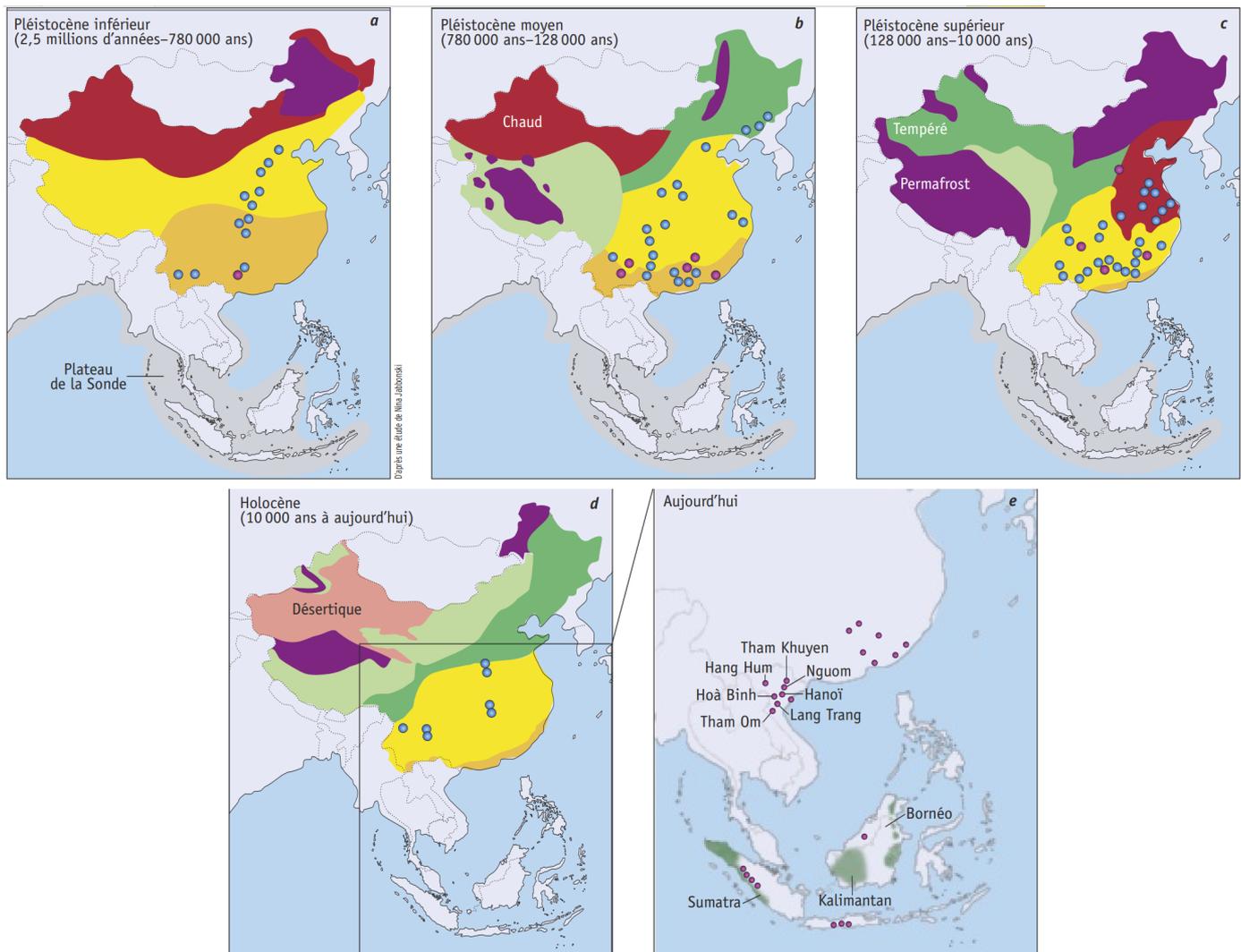
Question : comparez l'insularisation de Santa Rosae et celle de Wrangel.

II- L'insularisation de l'orang-outan

Il y a 10 000 ans, les Orangs-outans peuplaient une grande partie de l'Asie du sud-est. Inféodé aux forêts tropicales humides, il ne reste aujourd'hui que 25 000 individus, exclusivement répartis sur des îles : Bornéo et Sumatra.

Comment expliquer cette régression massive, doublée d'un morcellement de la population initiale ?

Document 1 : évolution de la répartition des orangs-outans et du climat en Asie du sud-est au cours des derniers 2,5 Ma



LE CLIMAT A ÉVOLUÉ sur le continent asiatique entre 2,5 millions d'années et notre ère : les régions tropicales (*en jaune*) et subtropicales (*en orange*) ont progressé vers le Sud, contraignant les orangs-outans, quasi inféodés au climat subtropical, à reculer vers le Sud et vers l'Est, jusqu'au plateau de la Sonde, qui émergeait (*les sites où ont été trouvés des fossiles sont marqués d'un point rose*). À l'inverse, les

cercopithèques, tels les macaques (*sites marqués par un point bleu*) se sont adaptés à différents types de climats (chaud, tempéré, désertique, etc.). Simultanément, les orangs-outans finissaient par disparaître du continent. Les orangs-outans actuels (*e*) vivent dans les jungles des îles de Bornéo et de Sumatra (*en vert*). Le premier squelette complet d'orang-outan a été découvert à Hoà Binh, au Vietnam.

Malgré leur faible nombre, les orangs-outans présentent une grande diversité mais pas de scission (du point de vue biologique) au sein de l'espèce : tous les orangs-outans actuels sont interféconds, bien que certains groupes soient séparés depuis 10 000 ans.

Ecologie :

Superficie du territoire d'un individu	jusqu'à 10 000 hectares
Mode de vie	Solitaire le plus souvent
Nourriture	Fruits mûrs, feuilles tendres, graines, écorces, insectes.
Maturité sexuelle	Entre 11 et 15 ans pour la femelle
Temps inter-gestation	5 à 8 ans
déplacements	Souvent arboricoles et lents
Besoins caloriques	Importants du fait de leur poids élevé et de leur cerveau de grande taille

La découverte de squelettes continentaux d'orangs-outans très récemment (1995), au Philippines, nous a permis de mieux comprendre cette disparition progressive.

Le poids des individus continentaux se situait entre 80 et 90 Kg pour les femelles, contre 35 actuellement, ce qui implique une locomotions quasi exclusivement arboricole.

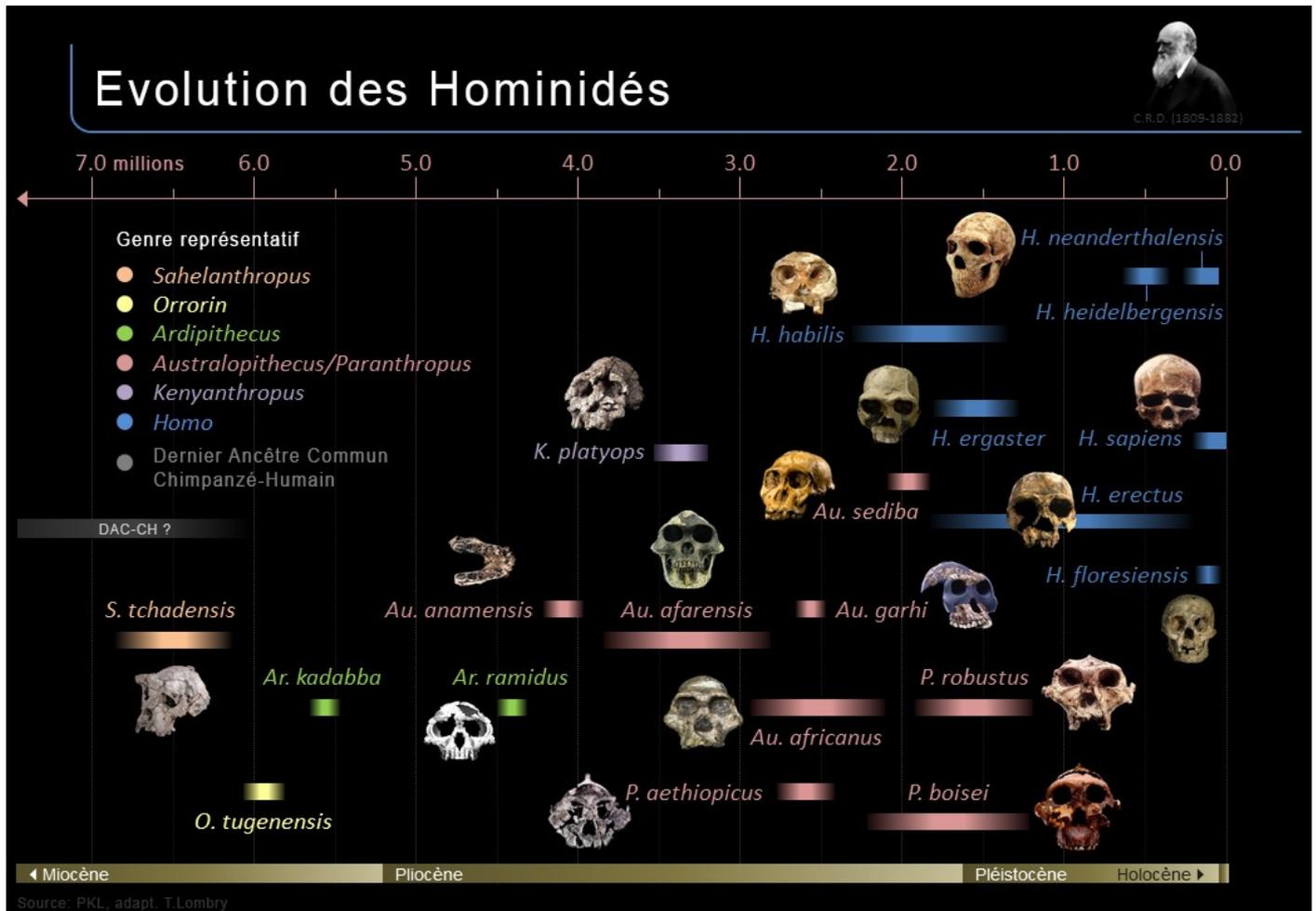
La fin du Pléistocène voit une hausse du niveau des mers qui explique l'isolement des population de Java et Bornéo, mais pas la disparition des populations continentales.

En fait, les périodes interglaciaires asiatiques ont été beaucoup plus marquées qu'ailleurs, la faute à la chaîne Himalayenne et au plateau tibétain qui ont joué le rôle d'amplificateur climatique. Ceci a engendré des cycles saisonniers très marqués et donc des périodes de raréfaction de la nourriture, ce qui a un impact notamment sur la durée des cycles reproductifs.

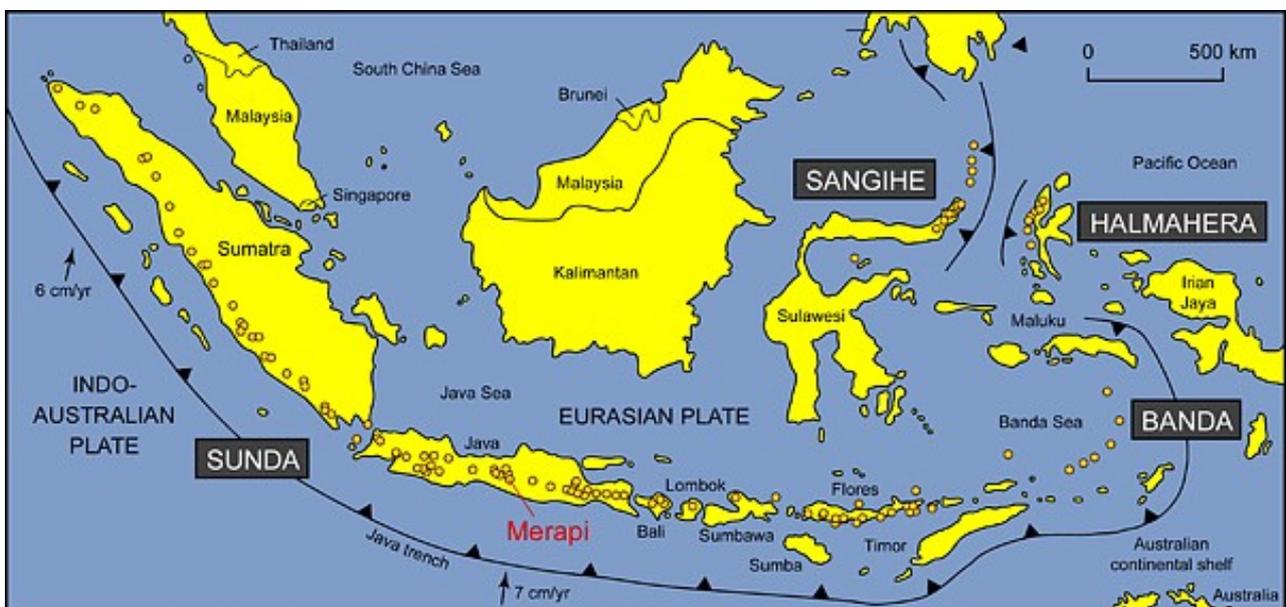
Question : décrivez les modifications de la répartition des orangs-outans au cours du temps, et expliquez les raisons de la disparition des populations continentales.

III- L'énigmatique Homme de Florès (*Homo floresiensis*) :

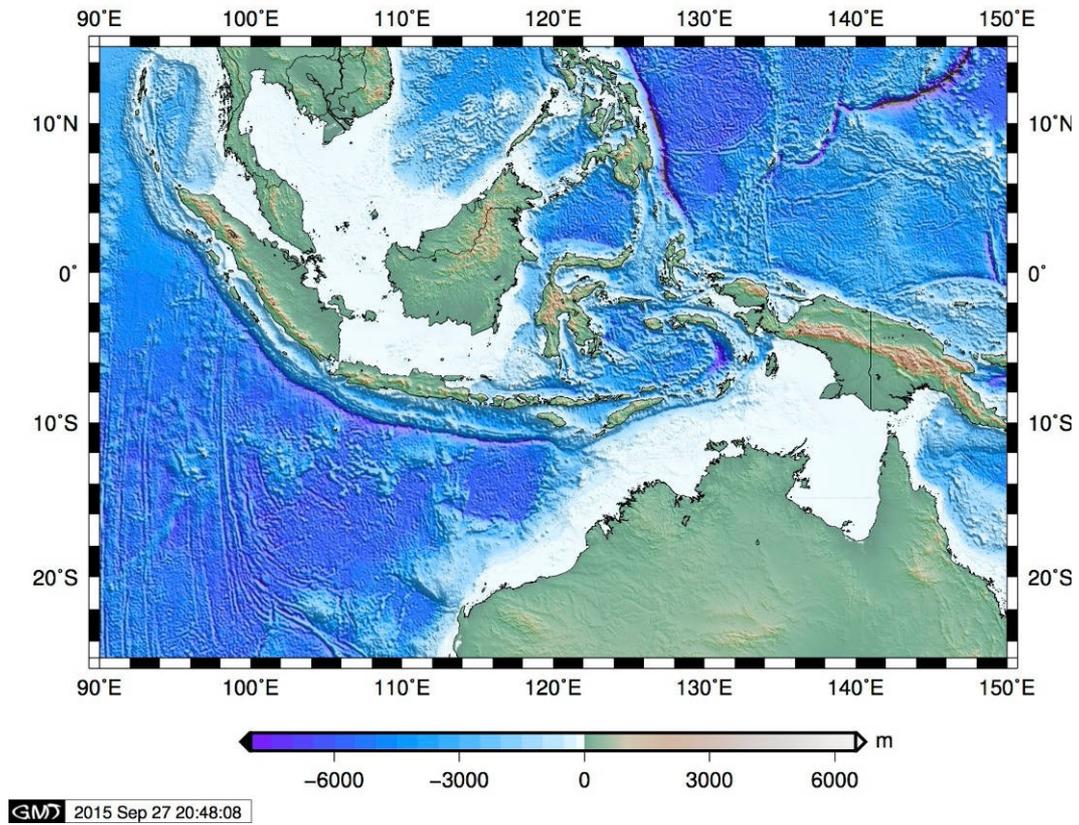
La paléontologie remet sans cesse en cause la vision que l'on a de la lignée humaine. Nous devons sans cesse remodeler notre généalogie, au grès de découvertes nous forçant toujours à tenir pour caduques nos certitudes. Ainsi faut-il considérer la paléontologie comme une discipline d'humilité et d'ouverture aux possibles.



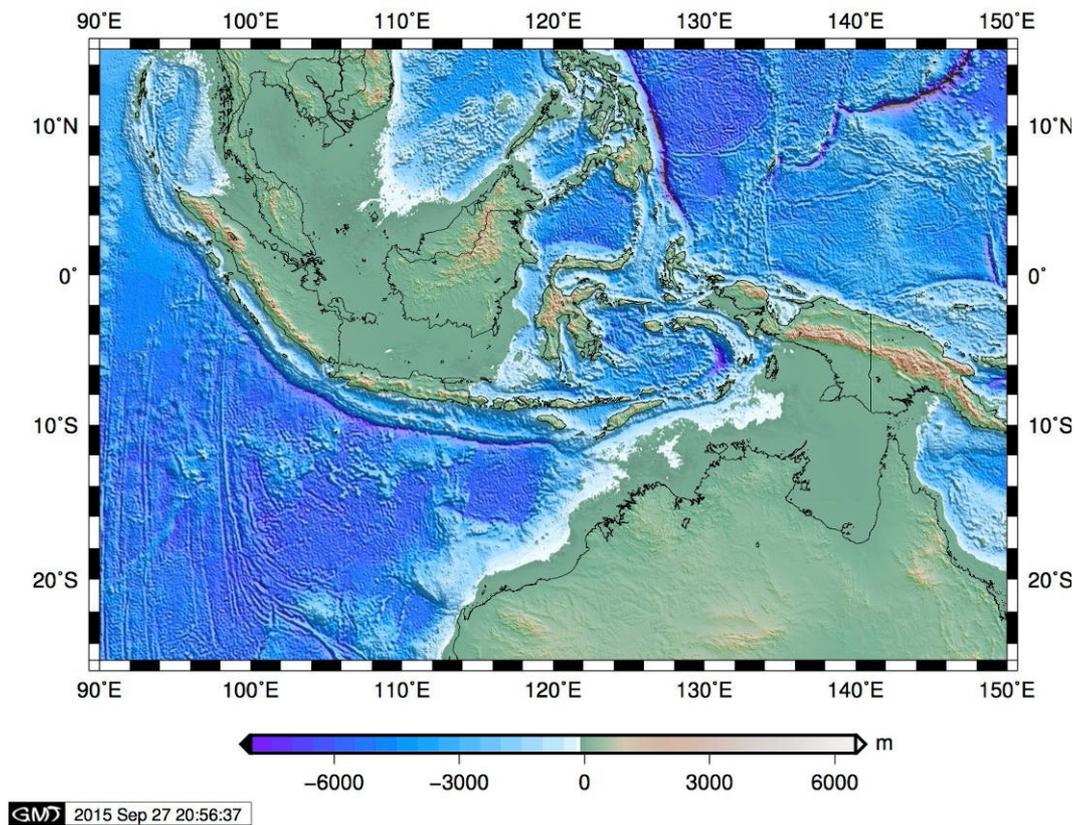
Contexte géographique et tectonique de l'île de Florès :



Indonésie et Malaisie actuelles



Indonésie et Malaisie -100m



En 2003, sur l'île Indonésienne de Florès, Michael Morwood a découvert les fossiles de 12 hominidés aux caractéristiques particulières. Ces hommes de Florès avaient une stature d'environ 1 mètre et un cerveau de petite taille, proche de celui d'un chimpanzé.



Reconstitution anatomique de LB 1. On peut remarquer la grande largeur du bassin et la faible longueur du fémur par rapport à Homo sapiens.

Pendant longtemps, la communauté scientifique a hésité entre deux théories pour expliquer son origine. En effet, il est plausible que l'Homme de Florès doive sa morphologie à son insularité, mais si tels est le cas, la réduction de sa taille est une adaptation qui s'est faite à partir de quel ancêtre ?



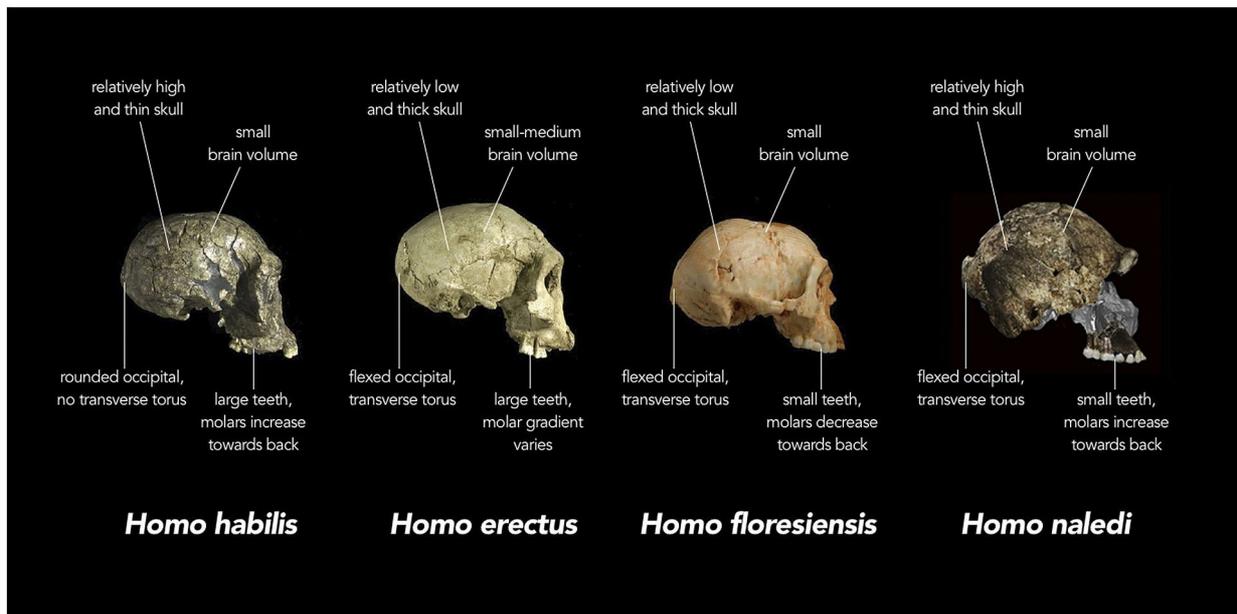
Deux théories ont été envisagées : certains pensent que c'est un Homo sapiens dégénéré par appauvrissement génétique, alors que d'autres pensent qu'il descend d'Homo erectus.

La paléontologie a fixé son apparition à au moins 700 000 ans, d'après les restes trouvés sur le site de Mata Menge, au centre de Florès, et la datation a situé son extinction à 50 000 ans.



Les chercheurs ont découvert un fragment de mâchoire inférieure et quelques dents sur le site de Mata Menge, sur l'île de Florès. Les restes datent de 700 000 ans et sont aussi petits que ceux, plus récents, de *H. floresiensis* trouvés sur le site de Liang Bua.

Homo floresiensis possède une mâchoire plus primitive qu'*Homo erectus*, proche de celle d'*Homo habilis*, mais partage avec lui une forme et une structure crânienne assez proche. On remarque toutefois des similarités crâniennes avec les australopithèques (volume crânien d'environ 400 cm³, cloison nasale renforcée par une structure osseuse), semblant montrer un certain archaïsme.



Une théorie plus récente envisage une origine de l'Homme de Florès plus proche d'*Homo habilis* que d'*Homo erectus*.

En effet, en plus des indices crâniens, leurs corpulences sont proches. Une étude de la structure du pied d'*Homo floresiensis* montre une longueur très importante de celui-ci par rapport au tibia et au fémur, en plus d'une absence de voûte plantaire, ce qui le rapproche encore des australopithèques ou d'*Homo habilis*.

La principale difficulté de ce scénario réside dans le fait qu'aucun hominidé aussi archaïque n'a été retrouvé hors d'Afrique.

Question : en vous basant sur ces éléments et vos éventuelles recherches, expliquez quel l'ancêtre vous paraît le plus plausible pour Homo floresiensis. Selon vos conclusions à ce sujet, précisez si elles remettent en cause l'effet de l'insularité sur l'évolution d'Homo floresiensis.

Question : que pourrait induire une confirmation d'Homo habilis comme plus proche hominidé connu d'Homo floresiensis, au niveau de notre connaissance de la lignée humaine ?

Question : sachant que la profondeur des eaux entourant l'île de Florès, et les variations de leur niveau liées aux variations climatiques, n'ont jamais permis la connexion de cette île à une autre terre, proposez des hypothèses expliquant l'arrivée d'Homo Floresiensis sur Florès.

Synthèse : évolution et insularisation.