



© Omo Group Research Expedition

Ci-contre : molaires d'hominidés collectées dans la formation de Shungura, datées de 2,7 à 2,5 millions d'années.



© Omo Group Research Expedition

Paysage panoramique, formation de Shungura. L'alternance de fréquents niveaux volcaniques (blancs et gris-jaunes) avec les sédiments (argiles, silts, sables) contenant les fossiles permet de dater les fossiles avec une grande précision. En effet, la teneur des niveaux volcaniques en éléments radioactifs évolue au cours du temps avec un rythme connu : on peut donc dater le moment de leur déposition.



Crâne de bovidé avant extraction, formation de Shungura, 1,8 millions d'années.

© Omo Group Research Expedition

temporelle des analyses de la faune devrait passer de 200 000 ans en moyenne pour les anciennes collections à environ 25 000 ans pour les nouvelles !

Les données sont aussi plus diversifiées qu'auparavant. Par exemple, aux côtés des données anatomiques "classiques", les régimes alimentaires des espèces fossiles collectées à Shungura peuvent être précisés par le biais d'analyses de l'émail dentaire fossile, utilisant les stries microscopiques laissées par les derniers aliments ingérés ou encore les isotopes stables du carbone contenus dans cet émail, et dont les proportions dépendent de la nourriture consommée au moment de la formation de la dent.

### Une forte coopération scientifique

À l'origine, ce projet de recherche s'est constitué, comme bien souvent en paléontologie, à la suite de recherches pionnières. Mais un autre facteur a présidé de façon décisive à sa naissance : l'existence d'une synergie particulière avec l'iPHEP et le Centre Français des Études Éthiopiennes (CFEE – USR 3137 CNRS / IFRE 23, Ministère des Affaires Étrangères et Européennes – MAEE), visant à renforcer les outils et les compétences de la paléontologie éthiopienne, à protéger ses ressources et à structurer son apport à la société. Il y a urgence, car le pays est en pleine mutation : croissance économique à deux chiffres, bouleverse-

ment des institutions, explosion démographique, aménagements du territoire sans précédents, tourisme croissant rapidement et ouverture progressive sur le monde. Le terreau est favorable pour développer des moyens et des savoir-faire éthiopiens qui généreront une recherche équilibrée entre ses différents acteurs locaux et internationaux, ainsi qu'une diffusion des connaissances en phase avec les besoins et les spécificités du pays.

### La création d'une galerie de spécimens uniques

Dans ce cadre changeant, le CFEE, héritier de 60 ans de coopération scientifique franco-éthiopienne, est devenu depuis 1991 une plateforme incontournable pour les missions scientifiques françaises et éthiopiennes couvrant des champs d'étude extrêmement larges, de la mise en place des structures profondes du rift est-africain aux dernières évolutions géopolitiques dans la Corne de l'Afrique. Le soutien apporté est multiforme : financier, logistique, administratif. Toutefois, le centre ne se contente pas d'aider les missions : il crée sa propre dynamique scientifique, développant des programmes de recherche, des publications et une politique locale de diffusion des connaissances et d'appui à la protection du patrimoine. Cette politique, menée aujourd'hui grâce à l'affectation temporaire de chercheurs CNRS au sein du CFEE (dont un paléontologue de l'iPHEP de 2009 à

2011) ainsi qu'à divers partenariats éthiopiens (*Ministry of Culture and Tourism*) et français (notamment IRD, INRAP, UMR métropolitaines), est le point de départ d'un plan de renforcement de la paléontologie en Éthiopie.

Le premier objectif était la réhabilitation des anciennes collections paléontologiques de l'Omo, conservées au Musée National d'Éthiopie sous l'égide de l'*Authority for Research and Conservation of the Cultural Heritage* (ARCCH) et devenues avec le temps

difficilement accessibles. Ce projet démarra en 1999, combinant l'expertise de l'iPHEP et la création d'un poste de coopérant MAEE auprès du CFEE et de l'ARCCH. L'objectif initial, achevé avec succès entre 2001 et 2003, s'est élargi dès le départ. Ainsi, la première galerie de paléontologie du pays a été créée en 2000, présentant à la fois des spécimens uniques au monde et une mise en lumière des connaissances portées par les fossiles éthiopiens. Elle est complétée en 2006 par un fac-similé de fouilles destiné aux enfants

et un projet d'intégration des différentes galeries du musée est actuellement en cours de développement.

### « besoin de formation des jeunes acteurs éthiopiens de la recherche »

Ce partenariat est aussi à l'initiative du projet d'organisation et d'équipement de 3000 m<sup>2</sup> dédiés aux collections et à la recherche au sein du nouveau bâtiment construit par le gouvernement éthiopien pour héberger l'ARCCH. Le transfert de centaines de milliers de spécimens paléontologiques et archéologiques est planifié et effectué entre 2006 et 2011 dans les nouveaux espaces équipés notamment grâce au soutien financier du MAEE. Suite à cela, les collections éthiopiennes encore conservées à l'étranger ont commencé à retourner dans leur patrie.

Cette coopération tripartite répond aussi au besoin de formation des jeunes acteurs éthiopiens de la recherche sur les plans techniques (préparation et moulage des fossiles, gestion des collections) et scientifiques. Cette formation est assurée par les experts de l'iPHEP à la fois par des cours et

des stages délivrés à Addis Abeba, ou impliquant la venue des personnels de l'ARCCH à Poitiers.

### Une nouvelle mission : préserver les sites archéologiques

Enfin, un nouvel enjeu s'est imposé à ce partenariat au cours des années 2000. Aux côtés de ses objectifs scientifiques, l'OGRE a été formée sous l'égide de l'iPHEP, du CFEE et de l'ARCCH pour générer des données utiles à la conservation des sites paléontologiques de l'Omo. En effet, avec l'extension sans précédent des terres cultivées et d'autres projets d'exploitation des ressources naturelles, l'intégrité de ces sites est aujourd'hui menacée. Lorsque les chercheurs de l'OGRE reprendront cet été le chemin de Shungura, ils auront donc en tête la conservation et la valorisation des ressources paléontologiques si fragiles mais si importantes de l'Éthiopie.

Jean-Renaud BOISSERIE < IPHEP

[jean.renaud.boisserie@univ-poitiers.fr](mailto:jean.renaud.boisserie@univ-poitiers.fr)

<http://iphep.labo.univ-poitiers.fr/ethiopie.html>

Mâchoire inférieure de singe collectée dans la formation de Shungura, datée de 2,1 millions d'années.



© Omo Group Research Expedition

Vue de la bordure ouest du rift est-africain à la tombée de la nuit depuis Lok 13.

## Il y a 20 millions d'années...au KENYA

Des fossiles d'une grande valeur scientifique ont été « redécouverts » par des chercheurs français.

L'Afrique de l'Est est connue depuis plusieurs décennies pour avoir livré de nombreux restes d'hominoïdes (ce groupe de primates englobe les grands singes, les hommes fossiles et actuels et leurs ancêtres respectifs) âgés de -20 à -1 millions d'années environ. Ils partageaient bien évidemment leur habitat avec tout un cortège de poissons, reptiles, oiseaux et mammifères dont l'analyse a contribué à mieux connaître le milieu de vie de nos ancêtres. Ce sont surtout les très nombreuses études des restes dentaires, crâniens et post-crâniens attribués aux humains et pré-humains fossiles qui ont rendu célèbre le continent africain.

L'Afrique et la péninsule arabique formaient autrefois une masse continentale appelée bloc arabo-africain. Pendant une grande partie de l'ère tertiaire (Paléogène : entre -65 et -23 millions d'années), cette région (ainsi que les faunes qu'elle abritait) constituait une île-continent isolée de l'Eurasie par un bras de mer appelé Téthys qui deviendra plus tard la Méditerranée. Mais il y a environ 23 millions d'années, les communautés de mammifères arabo-africaines ont subi un renouvellement majeur lorsque des ponts continentaux se sont établis entre l'Eurasie et le bloc arabo-africain à l'occasion de mouvements tectoniques et de la variation du niveau des mers. C'est ainsi que plusieurs groupes de mammifères d'origine eurasiatique (rhinocéros, ruminants, carnivores) ont envahi l'Afrique alors que d'autres groupes d'origine africaine, comme

les éléphants, ont migré en sens inverse. Il est connu maintenant que certains groupes de mammifères comme les anthracothères, les rongeurs et peut-être certains primates ont pu arriver d'Eurasie vers le bloc arabo-africain aux alentours de -35 millions d'années à la faveur de chapelets d'îles émergées ou de contacts terrestres sporadiques. Mais l'ampleur de ces migrations n'a rien eu de comparable avec ce qui s'est produit une douzaine de millions d'années plus tard.

- 23 millions d'années correspond notamment à l'émergence de groupes de mammifères modernes : les hominoïdes et les hippopotamoïdes (hippopotames actuels et groupes apparentés) et leurs prédateurs (les carnivores) qui ont par la suite constitué une large part de la biodiversité plus récente et ont assumé des rôles clefs dans les écosystèmes. Ces changements dans la biodiversité animale se sont également accompagnés de modifications environnementales (végétation, climat). Avant ces événements, l'histoire de la biodiversité animale et végétale en Afrique était encore très mal connue : les sites fossilifères un peu plus anciens que -23 millions d'années qui permettaient de la documenter, étaient rares. Cette histoire est pourtant essentielle car elle correspond à l'extinction des communautés mammaliennes anciennes d'Afrique remplacées par des faunes dites « modernes ».

Dans ce contexte, seul un registre fossile

approprié pouvait permettre de mieux comprendre cette partie de l'histoire évolutive des mammifères actuels.

### Des fossiles oubliés de tous

Il y a une quinzaine d'années, Meave Leakey (de la célèbre famille de paléanthropologues anglais établie au Kenya) découvrit quelques fossiles de vertébrés à Lokone dans le nord-ouest du Kenya (région du Turkana) alors qu'elle recherchait des restes d'hominoïdes. Cette association de fossiles (quelques dents de crocodile, d'un anthracothère – un artiodactyle aujourd'hui éteint – et d'un éléphant primitif) suggérait un âge compris entre -34 à -25 millions d'années environ, ce qui est fondamental car d'un point de vue chronologique cette faune était immédiatement antérieure aux faunes africaines modernes qui ont livré les plus anciens hominoïdes connus. Mais ces fossiles ont été temporairement délaissés car ils étaient trop anciens pour Meave. Ils ont dormi pendant plus d'une décennie au Musée de Nairobi avant que trois chercheurs français de l'Institut international de paléoprimatologie, paléontologie humaine : évolution et paléoenvironnements (IPHEP - UMR 6046 CNRS/Université de Poitiers) à Poitiers et de l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier (ISEM - UMR 5554 CNRS/Université de Montpellier 2/IRD), ne s'y intéressent et n'entrevoient leur potentiel scientifique.

### La collecte de nouveaux échantillons

Devant l'importance de ces fossiles d'un point de vue évolutif, cette équipe a donc obtenu un permis de recherche et de fouilles (indispensables au Kenya lorsqu'on souhaite travailler en paléontologie ou en archéologie) et a entamé son étude en 2007. Depuis, une dizaine de missions ont été effectuées aux National Museums of Kenya (NMK) à Nairobi. Le premier but de ce projet visait bien évidemment à retourner sur la localité fossilifère découverte 15 ans

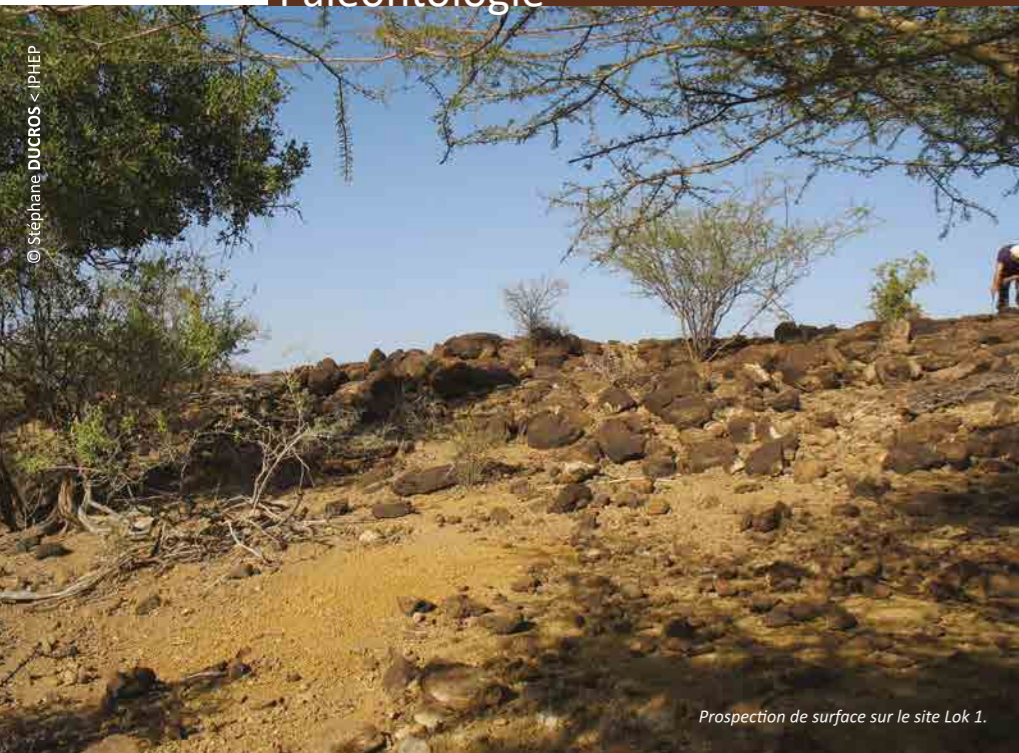
auparavant pour en étudier le contexte géologique et collecter davantage de restes de vertébrés fossiles. Ceci était absolument nécessaire afin de proposer un âge précis pour cette faune et surtout pour mieux comprendre les relations de parenté qui ont existé entre les mammifères fossiles kenyans et ceux, plus ou moins contemporains, des autres régions d'Afrique. Ce travail apporterait également des informations sur les épisodes d'extinctions et de radiations fauniques dans leur contexte paléoenvironnemental. Enfin, la chronologie et la vitesse auxquelles se sont déroulés ces remaniements et la nature des paramètres à l'origine de l'émergence des groupes modernes restaient à déterminer.

**« Ce travail de fourmi... est absolument essentiel »**

A ce jour, six localités fossilifères ont été découvertes, dans lesquelles près de 300 restes fossiles ont été collectés. Plus de 800 kg de blocs contenant des fossiles n'ont pas encore été tous dégagés. En effet, les restes fossiles sont découverts à la surface du sol. Mais la grande majorité d'entre eux sont encore enchâssés dans

du sédiment très dur. Il est indispensable d'utiliser des techniques d'extraction particulières pour les dégager : plusieurs cycles de passage du sédiment à l'acide acétique pour le dissoudre peu à peu, entrecoupés de consolidations successives du fossile, ou bien extraction très minutieuse de celui-ci avec un micro-burin pneumatique sous une loupe binoculaire (certaines dents par exemple ne font qu'un millimètre de longueur)...

Ce travail de fourmi, qui demande énormément de temps, est absolument essentiel pour extirper les restes très fragiles et minuscules. Mais il permet d'obtenir un spectre faunique plus complet et donc plus représentatif d'une communauté ancienne dont on peut avoir ainsi une idée précise et réelle de la diversité. Il a donc pu être établi à ce jour que la faune de Lokone est constituée d'au moins six groupes majeurs de poissons d'eau douce, de plusieurs espèces de tortues (dont une géante), de crocodiles, de serpents et lézards, d'oiseaux, mais aussi de tout une foule de mammifères : des rongeurs, insectivores, primates non-hominoïdes et vraisemblablement hominoïdes, carnivores primitifs, anthracothères, damans, éléphants primitifs et même un embrithopode (un groupe de mammifères aujourd'hui éteint ressemblant à un énorme rhinocéros et possédant quatre cornes sur le museau). Et ce n'est pas fini, car chaque mission de terrain ou chaque séjour d'étude au Muséum de Nairobi, où sont extraits les



Prospection de surface sur le site Lok 1.

restes fossiles, livre régulièrement de nouvelles espèces qui s'ajoutent à la liste.

## « une meilleure connaissance de la biodiversité du passé »

### Un assemblage de fossiles aux intérêts majeurs

L'association de différents genres ou espèces de mammifères ainsi que la comparaison de leur morphologie dentaire ont permis de préciser l'âge des couches fossilifères à environ -28 millions d'années. Ceci fait de Lokone la faune de mammifères fossiles la plus ancienne du Kenya. Elle est surtout la seule communauté fossile connue dans la première moitié du tertiaire de ce pays (la très grande majorité des sites fossilifères paléogènes africains est concentrée dans le nord du continent). On peut donc raisonnablement parler de faune de référence pour Lokone. En outre, plusieurs des espèces kenyanes présentent des relations de parenté étroites (toujours d'après leur morphologie dentaire) avec des formes similaires mais plus anciennes de quelques millions d'années connues en Egypte (notamment les ongulés anthracothères, certains carnivores, des primates et des rongeurs). Les communications terrestres entre le nord et l'est de l'Afrique (soit une distance de plus de 3000 km) étaient donc possibles il y a environ 28 millions d'années. Les conditions environnementales et la géographie de l'époque n'étaient donc pas un

obstacle aux déplacements d'organismes terrestres sur de grandes distances.

### Le plus ancien primate connu d'Afrique de l'Est

La plupart des vertébrés fossiles de Lokone appartiennent à des espèces ou même des genres nouveaux. Mais ils possèdent indéniablement un cachet typique de la première moitié du Tertiaire. Outre une meilleure connaissance de la biodiversité du passé, la découverte de formes nouvelles en paléontologie apporte également des informations capitales sur la façon dont les organismes évoluent au cours du temps et comment les espèces interagissent entre elles. Quelques restes dentaires isolés ont pu être attribués à un nouveau petit primate anthropoïde d'environ 500 grammes de la famille des Parapithecidae, un groupe connu entre -34 et -30 millions d'années environ dans la Formation du Fayoum en Egypte. Ce fossile kenyan est non seulement le plus ancien primate fossile en Afrique de l'Est mais surtout, sa découverte suggère que l'Afrique sub-saharienne a très probablement joué un rôle majeur dans l'histoire évolutive précoce des primates, alors que l'on croyait jusqu'à présent que seule l'Afrique du Nord détenait ce monopole.

### L'ancêtre de l'hippopotame ?

Une autre découverte particulièrement remarquable concerne les restes dentaires d'un anthracothère dont la morphologie montre qu'il a très probablement joué un rôle prédominant dans l'émergence de la

lignée ayant conduit aux hippopotames modernes (les plus anciens fossiles attribués à la famille des hippopotames ne sont connus que vers -21 millions d'années). Mais pourquoi est-ce si important de connaître l'ancêtre des hippopotames ? Deux hypothèses s'affrontent depuis des décennies à ce sujet : la première lie les hippopotames aux pécaris et la seconde enracine les hippopotames au sein des anthracothères. Mais des travaux récents qui ont pris en compte de nombreux fossiles, ont confirmé une origine profonde des hippopotames au sein des anthracothères, sans que l'on puisse toutefois déterminer avec précision l'origine géographique et la position phylogénétique de ces ancêtres. Le fossile de Lokone pourrait bien permettre d'élaborer un scénario évolutif cohérent qui mettrait définitivement fin à une longue querelle entre spécialistes.

### Du rongeur à l'éléphant

La communauté de vertébrés fossiles de Lokone est d'autant plus intéressante qu'elle montre une diversité d'espèces et de tailles considérable : on a retrouvé par exemple des restes de rongeurs et d'insectivores qui pesaient quelques dizaines de grammes, associés à des molaires et prémolaires d'éléphants primitifs pouvant atteindre plusieurs centaines de kilos. Les sites fossilifères ont également livré des formes terrestres et arboricoles combinées à des vertébrés d'eau douce (de nombreux poissons, tortues et crocodiles). Cette diversité de taille et de niches écologiques est bien plus grande que celle des quelques autres faunes fossiles plus ou moins contemporaines connues en Afrique de l'Est, notamment en Ethiopie et en Tanzanie. Ceci est un avantage certain puisque cela peut apporter des informations cruciales pour mieux connaître les conditions environnementales et clima-

tiques dans lesquelles vivaient les faunes du nord du Kenya il y a presque 30 millions d'années. Et même au travers de leur répartition entre l'Afrique du Nord et l'Afrique sub-saharienne au début du tertiaire, on peut aussi utiliser les différents vertébrés fossiles pour essayer de reconstituer les phases et les routes de dispersion terrestres et fluviales qu'ils ont empruntées au cours de leur évolution.

Leur localisation au sein du Grand Rift est-africain (un grand fossé d'effondrement s'étendant sur plus de 6000 km du sud de

la Mer Rouge au Zimbabwe, et qui séparera plus tard l'Afrique en deux parties), lie les sédiments fossilifères de Lokone aux premières étapes de la formation du rift pendant le tertiaire. Ils offrent donc un contrôle chronologique qui permet de préciser l'évolution paléogéographique de l'Afrique de l'Est durant cette période. Enfin, bien qu'énormément de travaux et d'études restent à faire en paléontologie et en sédimentologie, l'assemblage fossile de Lokone constitue d'ores et déjà une communauté fossile de référence. Il vient combler une



Molaire supérieure d'anthracothère.

Vue du site de Lok 13.



# Le passé climatique de l'Afrique révélé par des poissons



© Photo-montage S. RIFFAUT &amp; IPHEP

Trois habitants du bassin tchadien depuis plus de 7 millions d'années. Le polyptère (*Polypterus*), le tétraodon (*Tetraodon*) et le poisson tigre (*Hydrocynus*) sont présents dans les eaux du bassin tchadien depuis plus de 7 millions d'années comme le démontre la présence de fossiles caractéristiques : les écailles recouvertes d'émail du polyptère, les mâchoires puissantes qui forment le bec du tétraodon et les dents acérées du poisson tigre. Ce sont sur ces fossiles que les mesures géochimiques ont été effectuées.

Le Néogène (-23 Ma à l'actuel) est la période de temps qui a vu la mise en place du monde tel que nous le connaissons actuellement. Il débute avec la connexion entre l'Afrique et l'Eurasie au niveau du Moyen-Orient. Il voit le développement des calottes polaires et la mise en place d'un régime climatique avec l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires. C'est dans ce contexte qu'apparaît et se diversifie la faune actuelle, y compris notre famille avec l'émergence du rameau humain en Afrique, il y a environ 8 Ma à 10 Ma. Notre lignée va alors se diversifier sur ce continent jusqu'aux premières dispersions vers l'Eurasie il y a près de 2 Ma. La reconstitution de l'environnement et des contraintes climatiques qui ont vu cette évolution est un des enjeux majeurs des recherches paléontologiques et géologiques actuelles. Tout d'abord parce que

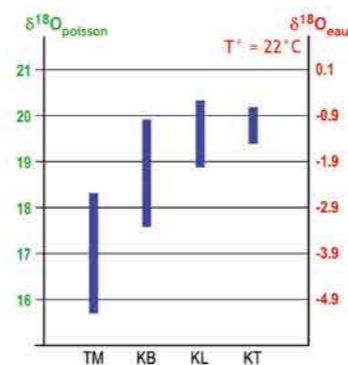
l'évolution des hominidés anciens ne peut se comprendre que resituée dans son cadre environnemental. Mais aussi parce que cette connaissance permet d'appréhender les liens entre changement climatique et modification de l'environnement biologique à des échelles de temps long sur les continents, données indispensables pour améliorer les modèles prédictifs de l'évolution des milieux terrestres.

## « un riche registre fossile y compris des hominidés anciens »

En Afrique centrale, d'où est originaire notre plus vieil ancêtre connu, *Sahelanthropus tchadensis*, l'évolution des paléo-environnements n'est pas connue. L'analyse des

isotopes de l'oxygène dans des fossiles de poissons démontre que la région a subi une aridification progressive ces derniers millions d'années, en particulier entre 7 Ma et 5 Ma.

Une approche scientifique originale, croisant la paléo-écologie des poissons et la géochimie apporte de premiers résultats sur le changement climatique majeur apparu en Afrique Centrale entre 5 et 7 millions d'années.

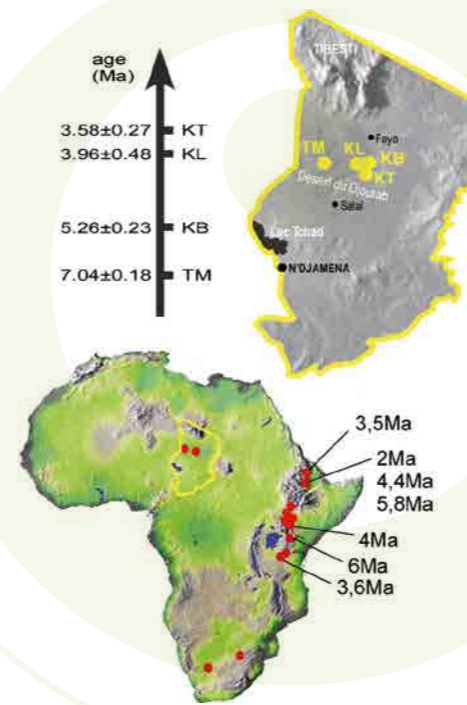


Evolution des valeurs de  $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$  des eaux tchadiennes entre 7 Ma et 3 Ma. On observe une augmentation générale des valeurs, en particulier entre 7 Ma et 5 Ma.

isotopes de l'oxygène dans des fossiles de poissons démontre que la région a subi une aridification progressive ces derniers millions d'années, en particulier entre 7 Ma et 5 Ma.

## Des changements environnementaux en Afrique

C'est la qualité de l'enregistrement sédimentaire et notamment sa continuité qui conditionne au premier ordre la connaissance des changements environnementaux dans une région donnée. Cet enregistrement, subcontinu dans les océans, est sporadique sur les continents et directement dépendant du contexte géologique. En Afrique, la plupart des données sur les environnements néogènes (-23 Ma à l'actuel) proviennent de l'Est du continent. Dans cette zone, la tectonique du rift est-africain a permis l'enregistrement de séries subcontinues dans



Localisation et âge de sites africains à hominidés anciens et des 4 aires fossilifères néogènes du Tchad.

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{poisson}} - 25.9 + \text{température} / 4.38$$

Une équation à deux inconnues présente une infinité de solutions. Il convient de renseigner l'un de ces termes pour la résoudre. Celle-ci, établie par Kolodny et al. (1983), décrit la relation entre le ratio des isotopes de l'oxygène dans l'eau et dans les formations squelettiques des animaux en fonction de la température. Pour des organismes fossiles, les inconnues sont la température lors de la précipitation des formations squelettiques des poissons (bioapatite) et le  $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$  de l'eau dans laquelle ils vivaient ; en revanche, le  $\delta^{18}\text{O}_{\text{poisson}}$ , préservé dans l'émail est mesuré. Pour connaître le  $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$  qui renseigne sur le climat, les chercheurs ont mesuré  $\delta^{18}\text{O}_{\text{poisson}}$  et déduit la température de la paléo-écologie des poissons

des fossés d'effondrement puis parfois leur mise au jour dans des reliefs néoformés. Ces séries contiennent un riche registre fossile y compris des hominidés anciens. Les indicateurs fossiles et bio-géochimiques indiquent que cette région a subi une aridification progressive sous un double contrôle tectonique et climatique. Comparativement, les paléo-environnements du reste de l'Afrique et leur évolution au cours du temps sont très peu documentés.

Les quatre aires fossilifères du Tchad, qui s'étagent entre approximativement -7 Ma et -3 Ma, constituent à ce titre 4 fenêtres exceptionnelles sur les milieux passés en Afrique Centrale. En outre, deux d'entre elles (TM et KT) ont livré des hominidés, le plus ancien hominidé connu à ce jour, *Sahelanthropus tchadensis*, et un australopithèque, *Australopithecus barhelgazali*. Toutes sont interprétées comme l'enregistrement de phases humides marqué par l'extension des milieux aquatiques dans la cuvette nord-tchadienne. L'analyse des faunes indique un environnement mosaïque de savane arborée en bordure de rivières, voire de lacs, et de zones marécageuses. Plusieurs pistes sont actuellement suivies pour reconstituer l'évolution passée des environnements tchadiens : l'étude paléontologique des différents groupes de vertébrés et des assemblages fossiles, celles de micro-restes végétaux ou encore la biogéochimie isotopique.

## Une approche nouvelle pour étudier l'évolution du climat

Dans un organisme ectotherme, comme les poissons, le fractionnement des isotopes de l'oxygène (exprimé par le  $\delta^{18}\text{O}$ ) dépend de la température du milieu et du  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau de boisson, lui-même fonction des cycles précipitation / évaporation régionaux et/ou locaux. Le  $\delta^{18}\text{O}_{\text{poisson}}$  mesuré dans les tissus squelettiques fossilisés renseigne donc potentiellement sur le climat mais il faut contraindre l'information portant sur la température du milieu pour connaître la valeur du  $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$ . Pour cela, c'est l'écologie des poissons qui est utilisée. Effectivement, comme tous les organismes, les poissons sont inféodés à des niches écologiques. Chaque association de poissons correspond à un milieu aquatique donné. Dans le fossile, on reconnaît ainsi une association d'eaux profondes, une autre de marécage, et l'on aura accès à la gamme de températures des eaux dans lesquelles les poissons ont vécu.

Les associations de poissons fossiles du Tchad sont équivalentes à celles d'aujourd'hui. Les milieux d'eaux vives avaient une température comprise entre 20 et 25 °C. En injectant cette donnée dans une équation, les chercheurs ont pu comparer les  $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$  des 4 phases humides successives du Tchad entre 7 et 3,5 millions d'années.

## Les résultats obtenus et leurs enjeux

On observe un changement dans le régime hydrique qui affecte la région centre-africaine, avec une augmentation du  $\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$  entre les 4 épisodes humides, notamment entre 7 Ma et 5 Ma. L'interprétation la plus raisonnable est une aridification de la zone au cours du Néogène, aridification particulièrement rapide au début de la période observée.

Les épisodes humides qui affectent le Tchad sont généralement interprétés comme liés au déplacement vers le nord de la Zone de Convergence Intertropicale ce qui renforce la mousson d'été. Il semble donc que son déplacement vers le nord s'amoin-drirait au cours du Néogène. Néanmoins, un autre facteur a du jouer entre 7 Ma et 5 Ma. Il est possible que les reliefs est-africains ont atteint à cette époque une altitude seuil, suffisante pour bloquer les masses nuageuses arrivant de l'Océan Indien, favorisant ainsi le recyclage local de l'eau du bassin. La tendance globale à l'aridification de la région centre-africaine mise en évidence serait donc sous le double contrôle de l'évolution globale du climat mais aussi de la tectonique est-africain

Olga OTERO < IPHEP  
olga.otero@univ-poitiers.fr

<http://iphep.labo.univ-poitiers.fr/>



## Des missions de terrain interdisciplinaires

# L'IPHEP lève le voile sur notre lointain passé

D'où venons-nous ? Cette question peut être posée aux scientifiques de l'Institut international de paléoprimatologie, paléontologie humaine, évolution et paléoenvironnements de Poitiers (iPHEP). Leur domaine de recherche porte sur l'origine et l'évolution de la lignée humaine. Ils travaillent sur des fossiles de nos très lointains ancêtres, un groupe de singes anthropoïdes ayant vécu il y a 57 millions d'années en Asie, sur l'émergence des hominidés en Afrique 10 millions d'années avant notre ère, leur évolution et leur sortie de ce continent il y a 2 millions d'années.



© MPFT-IPHEP 2009

Fouilles sur les sites à hominidés du Nord Tchad (7 millions d'années).

Si on s'intéresse à l'histoire de l'humanité, des historiens peuvent rapporter des événements précis fourmillant d'anecdotes. Ils peuvent décrire la création, la vie mais aussi la disparition de civilisations antiques. Mais plus on remonte loin dans notre histoire, plus celle-ci se dissout dans les limbes du passé. Que s'est-il passé il y a des millions d'années ? Là, il faut faire appel à d'autres historiens que sont les paléontologues. Les chercheurs, enseignants chercheurs, ingénieurs, techniciens et étudiants de l'iPHEP forment une seule et même équipe travaillant sur l'origine et l'évolution des primates, c'est-à-dire des anthropoïdes et des hominidés.

### Deux événements clés

Les études au laboratoire ne couvrent évidemment pas tous les domaines de cette énorme chaîne de succession d'espèces ayant conduit des premiers singes connus jusqu'à l'homme actuel. Deux épisodes clés de l'évolution sont la spécialité des chercheurs. Le premier, et le plus ancien (entre 40 millions et

57 millions d'années), est l'émergence en Asie des premiers représentants de singes. Les plus anciens et les plus primitifs des anthropoïdes ont été découverts en Chine, en Birmanie et en Thaïlande. Ils y seraient apparus il y a 50 millions d'années, puis auraient migré vers l'Afrique 13 millions d'années après. Pour la découverte de ces plus anciens représentants de la lignée humaine, il ne faut pas imaginer des squelettes complets mais seulement quelques dents.

La seconde spécialité du laboratoire est l'émergence des ancêtres des hominidés, les australopithèques, il y a environ 10 millions d'années en Afrique. De

1925 à 1995, les hominidés anciens étaient uniquement connus en Afrique australe et orientale. Cette répartition des Australopithèques avait conduit Yves Coppens en 1983 à proposer l'hypothèse de la savane originelle. Notre ancêtre aurait quitté un environnement forestier pour rejoindre la savane. Ce nouvel environnement l'aurait obligé à développer de nouvelles capacités, comme la bipédie (déplacement debout). Toutefois, ce scénario a été remis en cause par la découverte, en 1995, du premier australopithèque en Afrique Centrale, « Abel » (*Australopithecus bahrelghazali*, daté de 3,5 millions d'an-



© MPFT-IPHEP 2009

Site fossilifère de Dur at Tallah, Libye (environ 40 millions d'années).

nées). En 2001, un autre hominidé surnommé « Toumaï » (*Sahelanthropus tchadensis*) daté du Miocène supérieur (7 millions d'années) a été découvert dans le désert du Djourab, au Nord du Tchad. *S. tchadensis* possède des caractères montrant qu'il ne peut être rapproché ni des gorilles, ni des chimpanzés. Il appartient au rameau humain et son âge montre sa proximité temporelle avec le dernier ancêtre commun aux chimpanzés et aux humains. Au sein de l'iPHEP, l'étude des restes d'hominidés est complétée par des études paléoenvironnementales. Dans le Miocène supérieur du Tchad, les données sédimentologiques et paléobiologiques montrent une mosaïque de paysages. L'étude des faunes et des flores (phylogénie, taxonomie, réseaux trophiques, etc.) indique que les premiers hominidés fréquentaient des environnements boisés et non uniquement des savanes. La bipédie serait donc apparue alors que nos ancêtres hantaient encore les forêts.

**Des lointains déserts au laboratoire**

L'équipe de l'iPHEP va régulièrement sur le terrain pour mettre au jour et étudier de nouveaux fossiles. Leurs missions se déroulent en Birmanie, Thaïlande, Égypte, Éthiopie, Kenya, Libye, Algérie, mais surtout au Tchad. Pour trouver des fossiles, il faut localiser des bassins sédimentaires qui sont issus de conditions tectoniques particulières. L'Afrique, dans son immense majorité, est un vieux continent de plus de 2 milliards d'années ayant connu peu de bouleversements tectoniques, donc très stable. Il a conservé des bassins sédimentaires intéressants et notamment dans le Rift est-africain, un bassin d'effondrement contenant de nombreux sites fossilifères dont l'âge est compris entre 1 et 10 millions d'années. Les missions sur le terrain durent de un à deux mois en général, dans des régions souvent reculées difficiles d'accès. Il faut compter 2 ou 3 jours de voyage pour arriver sur les sites fossilifères, idem pour le retour. Ainsi, sur une mission d'un mois, il ne reste que 3 semaines de travail effectif sur le terrain.



© MPFT-IPHEP 2009

Ces 3 semaines de travail nécessitent donc une importante préparation logistique: il faut louer des voitures avec leurs chauffeurs pour atteindre les sites, des camions pour le transport du matériel et le montage du camp de base, un cuisinier est embauché et la nourriture est achetée sur les marchés locaux. Une fois sur site, le temps est une denrée précieuse exploitée au maximum. Les journées de travail sont longues, de l'aube au crépuscule. Trois semaines passent relativement vite, donc tout le temps est consacré à la recherche des fossiles. Selon les pays et les accords qui ont pu être signés, les pièces sont rapportées au laboratoire pour étude.

**Une simple dent peut nous révéler notre passé**

Les résultats d'une mission sur le terrain sont aléatoires. Parmi la centaine de fossiles rapportés (mâchoires, dents de divers mammifères), 2 ou 3 % d'entre eux se révéleront intéressants. Ce chiffre peut sembler assez réduit, mais le reste des pièces représente une source précieuse d'informations sur l'environnement passé. Les chercheurs n'établissent pas simplement un inventaire des animaux ayant existé dans le site étudié. Ils cherchent à comprendre comment le milieu, les variations climatiques, mais aussi la nature des autres espèces, sont intervenus pour façonner les caractères anatomiques de nos ancêtres. Ils étudient les faunes associées et essayent de reconstituer leurs paléoenvironnements et les conditions climatiques.

Les fossiles sont parfois extraits de gisements en surface et certaines pièces

de petites tailles sont récupérées après tamisage et tri sous loupe binoculaire. Dans un gisement birman, on estime qu'il y a une dent pour 5 kg de résidus résultant du tamisage d'environ 200 kg de sédiment! Ces petites pièces sont très importantes pour préciser le spectre et la liste fauniques. Il y a 57 millions d'années, les premiers anthropoïdes étaient de petite taille (les dents mesurent moins de 2 mm pour un poids de l'animal de 150 à 200 g), mais possédaient déjà des caractères que nous possédons encore, comme des canines et des incisives en pelle implantées verticalement. Lorsque nous nous regardons dans un miroir le matin en nous brossant les dents, nous observons des caractères que nous possédons depuis au moins 55 millions d'années.

**Dater avec précision**

L'une des difficultés en paléontologie est de dater les fossiles. Pour comprendre l'évolution des êtres vivants, la mesure du temps est indispensable.

Crâne de l'hominidé "Toumaï" (*Sahelanthropus tchadensis*), 7 millions d'années.



© MPFT-IPHEP 2009

Dents de rongeurs provenant des sites à hominidés du Nord Tchad (7 millions d'années).



© IPHEP 2009

Couches fossilifères dans le bassin de l'Irrawady, Myanmar (environ 10 millions d'années).

Sans date précise, il n'y a pas de compréhension des mécanismes évolutifs. Différentes techniques complémentaires permettent aujourd'hui d'arriver à dater des objets avec un niveau de précision inimaginable. La technique la plus connue est la radiochronologie, ou désintégration nucléaire de certains éléments comme le C<sup>14</sup>. Toutefois, cet élément n'est valable que jusqu'à 50000 ans et n'est utilisable qu'avec des restes organiques ou carbonatés. D'autres méthodes nécessitent des roches d'origine volcanique. Une nouvelle technique de radiochronologie basée sur le béryllium 10, un cosmonucléide, a été mise au point à l'iPHEP. Elle permet de dater des éléments non volcaniques comme des argiles. Lorsqu'un sédiment ou une argile est en cours de dépôt, il est exposé aux rayons cosmiques. Mais une fois qu'il est enfoui, cette exposition stoppe et le béryllium 10 se désintègre sur une certaine période permettant ainsi sa mesure. Cette technique est fiable entre 1 million et 14 millions d'années. Une autre technique est basée sur l'histoire des inversions du champ magnétique terrestre. Cette méthode de datation est accessible à partir de toutes les roches sédimentaires. Le magnétisme fossile des sédiments est mesuré, permettant ainsi de préciser l'âge de ces dépôts. Enfin, une dernière méthode de datation est basée sur l'analyse de divers fossiles mis au jour avec celui que l'on souhaite dater. La faune ainsi déterminée est comparée avec celle déjà connue

en d'autres sites déjà datés. Les paléontologues peuvent ordonner les faunes en fonction de leur degré évolutif. Par exemple, les cochons au cours de l'évolution ont vu la taille de leurs dents augmenter alors que chez les rongeurs, c'est le nombre de crêtes sur les dents qui a augmenté. Les êtres vivants se transforment au cours du temps de manière irréversible: l'évolution biologique constitue donc une méthode fiable pour dater. En regroupant l'ensemble des observations sur une vingtaine ou une quarantaine de taxons collectés ensemble, on obtient une fourchette d'âge assez précise. En utilisant ces diverses méthodes conjointement, les chercheurs peuvent arriver à des précisions de l'ordre de 100000 ans sur des fossiles âgés de plus de 50 millions d'années!

**Une image moderne du paléontologue**

La plupart des gens, ne connaissant pas la paléontologie, imaginent un chercheur allant creuser dans le désert pour ramener des fossiles qui seront pour certains mis en vitrine dans des musées. Cette image n'est vraie qu'en partie. Certaines techniques de datation utilisées au laboratoire sont à la pointe de la technologie. Les chercheurs travaillent avec diverses applications adaptées et issues de l'imagerie médicale (tomographie à rayons X) et de la reconstruction 3D pour déterminer certaines données anatomiques des fossiles. L'utilisation de ces techniques non invasives

sur des mandibules permet d'obtenir des informations sur la position et la structure des dents manquantes. L'analyse des crânes permet de visualiser la position des sinus et des cavités cérébrales et apporte ainsi des informations clés sur la taille et la forme du cerveau. L'étude des micro-stries d'usure de la surface des dents permet de reconstituer le régime alimentaire. Cette information peut être confrontée à l'étude des isotopes stables du carbone et de l'oxygène préservés dans l'émail dentaire des fossiles étudiés, qui apportent des indications sur les paléoclimats et les paléovégétations. L'étude des paléoenvironnements dans lesquels ont vécu nos lointains ancêtres apporte des informations capitales sur ces derniers: que mangeaient-ils? Quelle était la faune de l'époque? Vivaient-ils dans des environnements secs ou humides, etc.? Ce type d'étude est complété par l'imagerie spatiale radar. Elle permet de pénétrer la couche sableuse qui recouvre quelquefois la surface du sol, et de révéler ainsi les structures des réseaux paléo-hydrographiques et des vues du sous-sol invisibles à l'œil nu. La paléontologie du XXIe siècle est une discipline moderne à l'interface des sciences de la terre, des sciences de la vie, de la physique, de l'informatique, de la médecine et de la chimie. ■

Eric DARROUZET



© IPHEP 2009

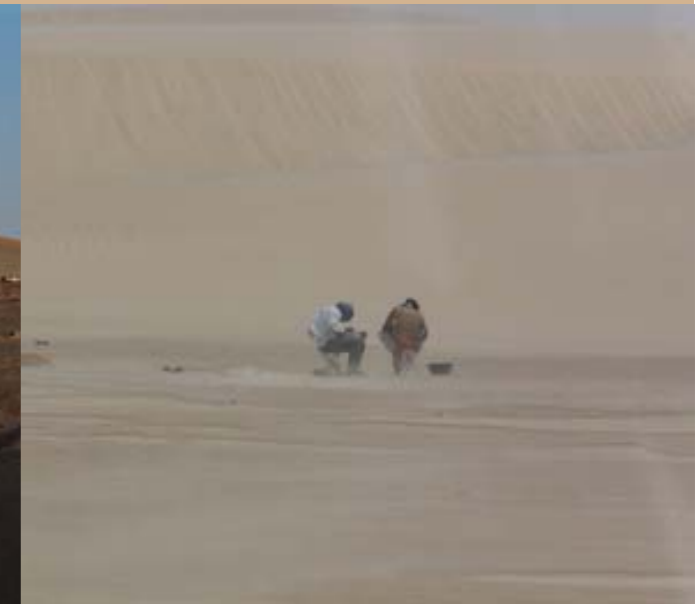
Reconstitution virtuelle d'un crâne de primate.



Prospection à vue sur un site de Toros-Ménalla Nord Tchad (MPFT 2004)



Affleurement et campement le long d'une dune à Toros-Ménalla Nord Tchad (MPFT 2004)



Tamissage avant la tempête à Toros-Ménalla Nord Tchad (MPFT 2004)

## “Il est pas frais mon poisson !?!”

Moins médiatisés que les dinosaures, les premiers tétrapodes ou les hominidés anciens, les poissons fossiles sont le sujet de passionnantes recherches en paléontologie. On les étudie pour mieux connaître l'évolution de cet énorme groupe qui représente près de la moitié des vertébrés actuels, ou encore parce qu'ils apportent des informations uniques sur les géographies et les environnements aquatiques passés.

Ces derniers aspects sont développés à l'Institut international de paléoprimateologie, paléontologie humaine: évolution et paléoenvironnements (iPHEP – UMR 6046 CNRS/Université de Poitiers), où l'étude des poissons participe notamment à la reconstruction des environnements aquatiques associés aux hominidés anciens et à la reconstitution des relations hydrologiques entre les bassins habités par nos ancêtres.

### Plus de 450 Ma d'évolution

Tout d'abord, de quoi parle-t-on quand on parle de « poisson » ? Sous ce terme se trouvent des organismes qui ne forment pas un groupe naturel mais un ensemble hétéroclite composé de nos cousins *coelacanthes* et *dipneustes* (*sarcoptérygiens*) et des poissons à nageoires rayonnées (ou *actinoptérygiens*). Certains y ajoutent les requins, les lamproies et myxines, des cordés et

vertébrés primitifs... Bref, on y trouve les cordés non-tétrapodes. Leurs histoires s'étendent sur plus de 450 millions d'années mais suivant les groupes, les diversités actuelles et passées sont très différentes. Les actinoptérygiens représentent aujourd'hui la très grande majorité des « poissons » et près de la moitié des vertébrés connus. On comprend alors aisément la grande variété des formes et les innovations observées sur le squelette osseux des actinoptérygiens.

Ces diversités actuelles et passées, la disparité des formes observées et leur présence dans des milieux aquatiques divers font des actinoptérygiens un groupe de choix pour étudier l'évolution et ses mécanismes à l'échelle des temps géologiques mais aussi pour reconstituer les milieux aquatiques passés ou encore les relations paléogéographiques entre les bassins hydrographiques. C'est

sur ces objectifs que le laboratoire développe à l'heure actuelle des recherches sur l'évolution des anthropoïdes et des hominidés et notamment leur contexte environnemental et géographique.

### Les « poissons » des sites à hominidés

Les poissons fossiles des sites à hominidés sont collectés lors des campagnes de fouilles sur le terrain, en même temps que le reste de la faune. Les techniques de fouille sont communes à tous les organismes et dépendent plutôt de la taille des restes préservés et de l'encaissant. Les grosses pièces sont collectées à vue, tandis que les petites sont triées après tamisage des sédiments. Les os et les dents sont trouvés articulés ou isolés voire fragmentés suivant l'hydrodynamisme du dépôt. En milieu continental, il est plus rare de trouver des squelettes en connexion excepté le cas de sédiments lacustres.

L'aire fossilifère de Toros-Ménalla (Tchad), datée à 7 millions d'années, a livré les ossements de *Sahelanthropus tchadensis* (Toumai), et l'une des plus riches paléoichthyofaunes connue en Afrique continentale représentée par des milliers de fossiles. La majeure partie des restes sont fragmentaires mais certains squelettes partiels ou complets sont préservés en connexion. Ils permettent alors de reconnaître plus précisément les espèces représentées. A Toros-Ménalla, c'est plus d'une vingtaine de genres et près de trente espèces qui ont été distingués. L'ichthyofaune fossilisée est moins riche que l'ichthyofaune actuelle, car de nombreux poissons ont les os trop fragiles pour être conservés et des dents trop petites ou indifférenciées.

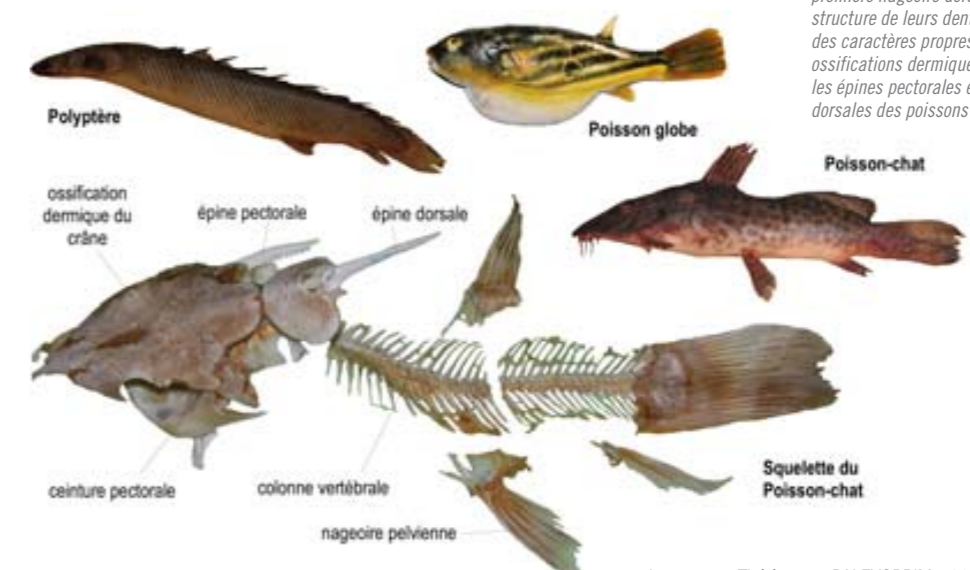
### Les poissons marqueurs des environnements

L'une des méthodes pour reconstituer un milieu aquatique est de considérer les poissons en tant que marqueurs biologiques de leur environnement. Chaque association de poissons est strictement liée à un milieu aquatique donné. Dans le fossile, on reconnaît ainsi, par exemple, une association à des eaux profondes, ou à des marécages. De plus, certains taxons sont inféodés à une niche écologique stricte et vont

renseigner précisément sur l'état du facteur limitant incriminé dans leur environnement. Par exemple, la perche du Nil (*Lates niloticus*) indique un haut niveau d'oxygénation de l'eau, ou encore le *Gymnarchus* ne se trouve que dans des eaux non salées et a besoin de marécages pour sa reproduction. Ainsi, l'étude détaillée d'une paléoichthyofaune continentale permet, à partir de la connaissance de l'écologie des espèces actuelles, de définir précisément le paléoenvironnement aquatique enregistré dans un site fossilifère.

À l'époque de Toumai, le nord Tchad n'était pas un désert. La région était recouverte de végétation et d'un réseau hydrique qui alimentait un lac. Si certains des poissons qui y vivaient existent toujours, on y rencontre des espèces anciennes très proches des espèces actuelles, mais aussi des genres aujourd'hui disparus. À partir de la connaissance de l'écologie des taxons qui ont perduré, de leur abondance relative dans l'assemblage, et des associations en présence sur le site, on reconstitue l'environnement aquatique

La comparaison d'un polyptère, *Polypterus*, d'un poisson-chat, *Auchenoglanis*, et d'un poisson-chat, *Tetraodon*, illustre l'unité et la diversité des actinoptérygiens. Ils présentent des caractères anciens (ex: la présence d'un squelette axial vertébré), des caractères hérités de leur ancêtre commun (leur première nageoire dorsale, la structure de leurs dents) et des caractères propres (les ossifications dermiques et les épines pectorales et dorsales des poissons chats).



Suivant les sites, les assemblages ichthyologiques de Toros-Ménalla montrent des fossiles qui ont subi des histoires hydrodynamiques différentes. Les dimensions des fossiles sont très variables suivant le taxon et les restes préservés. Certains poissons sont morts en milieu calme et n'ont subi que peu ou pas de transport. Ils sont préservés en connexion. Le plus bel exemple est celui d'un exemplaire de *Polypterus faraou*, une espèce fossile tchadienne, retrouvé complet, posé sur le dos, avec les écailles du ventre effondrées dans la cavité viscérale. D'autres restes sont des os ou des dents isolés qui sont typiques de leur genre ou de l'espèce, comme par exemple les dents de *Sindacharax*, un genre éteint lointain cousin des piranhas (il faut une mâchoire en connexion pour reconnaître l'espèce), ou encore un supratemporal de *Lates niloticus*, la perche du Nil. Barre simple: 1 cm, barre double: 5 mm.



probable de chaque site. Le site qui a livré le crâne de Toumai, présente un environnement aquatique bien documenté, non seulement par le très grand nombre de fossiles et la diversité des poissons, mais aussi par la présence d'hippopotames et d'antracothères, de crocodiles, de tortues et d'un python aquatique. En majorité, les poissons appartiennent à des espèces d'eaux courantes et bien oxygénées, telle la perche du Nil, *Lates niloticus*, ou encore le poisson-tigre, *Hydrocynus*, qui sont des carnivores chassant à vue. On rencontre aussi des poissons qui fréquentent plus particulièrement les bordures végétalisées où ils trouvent refuge et nourriture (comme certains *Synodontis*). Par contre, les espèces adaptées aux eaux marécageuses et peu oxygénées sont peu fréquentes. Enfin, l'abondance des poissons qui mangent des coquillages permet de supposer leur présence sur les fonds. Le milieu aquatique correspond à un lac ou un large cours d'eau, aux bordures végétalisées, ainsi que, pour une faible fraction à un marais et à des flaques marginales.

D'autres informations environnementales peuvent être obtenues à partir de ces mêmes fossiles. Deux pistes, géochimiques et histologiques, sont actuellement prospectées. Un organisme incorpore des éléments dans ses tissus tout au long de sa vie. En particulier,

l'oxygène est incorporé dans les phosphates et les carbonates des dents et des os. Dans un organisme ectotherme, comme les poissons, le fractionnement des isotopes de l'oxygène (exprimé par le  $\delta^{18}O$ ) dépend de la température du milieu et du  $\delta^{18}O$  de l'eau de boisson, lui-même fonction des cycles précipitation/ évaporation régionaux et/ou locaux. Le  $\delta^{18}O$  renseigne donc potentiellement sur le climat. Par ailleurs, la croissance des poissons et de leurs os est continue. Suivant la qualité de leur environnement (ressources alimentaires, température, etc.) mais aussi de leur cycle biologique elle est plus ou moins rapide. Les stries de croissance dans les tissus minéralisés (os et écailles) sont visibles sur les restes fossiles. Leur analyse doit permettre d'apporter des informations sur des modifications de leur environnement au long de la vie. En suivant ces deux pistes, de nouvelles données, indépendantes, sur les environnements continentaux anciens africains, devraient être établies.

#### Les poissons traceurs de paléogéographie

La distribution des espèces n'est pas aléatoire. L'aire de distribution d'une espèce dépend de sa tolérance écologique et de l'histoire géologique et climatique. Au cours du temps, cette

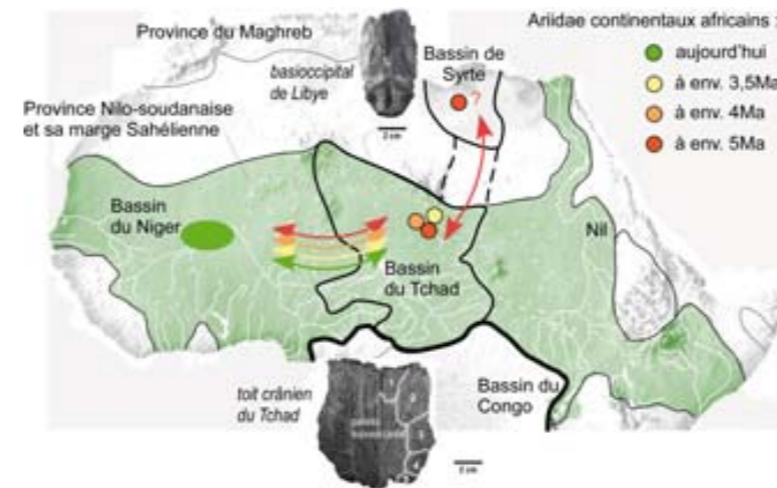
histoire est enregistrée par les relations de parenté entre les espèces. Ainsi, une des façons de reconstituer les voies de dispersions des faunes de vertébrés entre des bassins est d'utiliser les poissons actuels et fossiles comme marqueurs des connexions entre réseaux hydrographiques.

Les migrations et les dispersions des poissons sont directement contraintes par l'existence et la qualité des connexions entre les bassins hydrographiques. Par exemple, des poissons particulièrement résistants passeront même par des connexions temporaires et des milieux contraignants. A contrario, la dispersion d'autres taxons n'est possible que pour des eaux pérennes et bien oxygénées. Les relations de parenté sont reconstruites en intégrant les poissons actuels et mais aussi les fossiles, ce qui permet d'avoir une vision plus complète de l'histoire du groupe et de caler le scénario proposé dans le temps.

Actuellement, douze régions ichthyologiques sont reconnues en Afrique. Elles sont caractérisées par des associations de poissons qui traduisent l'histoire géologique et climatique du continent. Les poissons fossiles et actuels du Tchad sont typiques de la zone Nilo-Soudanaise qui s'étend du Nil à l'est aux côtes de l'Atlantique à l'ouest, entre le Sahara

et la Dorsale centre-africaine. Certains fossiles tchadiens nous racontent l'histoire des contacts entre les sous-bassins de cette zone. Par exemple, les poissons chats de la famille des *Ariidae* ne sont actuellement connus que dans le bassin du Niger par une espèce unique qui est en train de disparaître. Pourtant entre 5 et 3 millions d'années, ils sont représentés dans d'autres bassins, au Tchad (autour de 5, de 4 et de 3,5 millions d'années), et en Libye (autour de 5 MA). Cette distribution ancienne nous indique que les contacts qui existent toujours entre les bassins du Tchad et du Niger fonctionnent depuis au moins 5 millions d'années. Par ailleurs, elle confirme l'existence de connexions anciennes trans-sahariennes entre la Tchad et la Libye qui avaient été montrées par la distribution d'un mammifère amphibien. De plus, elle permet de préciser la nature de ces connexions. Pour qu'un *Ariidae* ait pu transiter entre les deux bassins, un continuum d'eaux vives a existé. Cela indique qu'il y a quelques millions d'années la région Nilo-Soudanaise s'étendait au Nord du Sahara. Une approche intégrant phylogénie moléculaire (des poissons actuels) et analyse de la distribution actuelle et passée d'un groupe permet d'établir un scénario biogéographique original entre

les bassins africains, calé dans le temps. À partir de l'étude des *Synodontis* l'histoire des échanges entre les bassins qu'ils habitent, a pu être reconstruite. Ce groupe de poissons-chats émerge autour de 35 millions d'années en Afrique Centrale, dans le bassin du fleuve Congo délimité au nord par la Dorsale centre-africaine. Il y a plus de 20 millions d'années, une population dépasse cette barrière et fonde le clade des *Synodontis* nilo-soudanais dont le plus ancien représentant connu a été découvert dans des dépôts d'Égypte datés de 18 millions d'années. Jusqu'à 10 millions d'années, un grand réseau de drainage trans-africain parcourt la zone Nilo-Soudanaise d'est en ouest comme le supporte l'existence de clades distribués sur l'ensemble de cette zone. Ensuite, ce grand réseau est interrompu en lien avec le fonctionnement du rift est-africain qui a généré des reliefs plutôt orientés nord-sud. Cet événement est révélé par des spéciations de *Synodontis* disjointes dans les bassins nouvellement séparés, mais aussi par certaines spéciations dans d'autres groupes aquatiques comme le poisson fossile *Semlikiichthys*, ou encore des hippopotames. Pour des périodes plus récentes (de 5 millions d'années à l'actuel), on enregistre de nombreux échanges,



La distribution des *Ariidae* et les connexions trans-sahariennes entre bassins de la zone nilo-soudanaise. Des fossiles attestant la présence de cette famille de poissons sont représentés. On les reconnaît par la forme caractéristique de certains os (basioccipital), ou encore par leur organisation relative (nombre d'os en connexion avec le supraoccipital en vue dorsale).



Prélèvement sur site à Toros-Ménalla Nord Tchad (MPFT 2004)

entre le bassin du Tchad et le Nil, ou encore entre certains grands lacs de l'est africain.

Ces travaux, nouvellement développés par les ichthyologues de l'IPHEP en collaboration avec des géochimistes (PEPS, Lyon) et des néontologues (IRD Paris et Montpellier), ont reçu un accueil prometteur dans la communauté scientifique. En utilisant les poissons comme un outil pour répondre à des questions précises sur les paléoenvironnements et la paléogéographie, le laboratoire participe à la construction de la connaissance sur les changements environnementaux au cours des temps géologiques et leur impact sur la diversité en milieu continental, ainsi que sur la reconstitution des géographies anciennes intra-continentales. ■

Contacts :  
Olga OTERO  
olga.otero@univ-poitiers.fr  
Aurélien PINTON  
aurelie.pinton@etu.univ-poitiers.fr



Nasses de pêcheur le long du Chari Tchad (MPFT 2004).



# Depuis quand le Sahara est-il un désert ?

Le désert du Sahara est le plus vaste désert chaud de la planète et occupe actuellement près de 9 000 000 km<sup>2</sup>. Il s'est développé il y a quelques milliers d'années, à la suite d'un épisode climatique relativement plus humide comme en témoigne un important réseau hydrographique fossile (rivières et lacs aujourd'hui asséchés comme par exemple le Lac Méga-Tchad qui avec plus de 350 000 km<sup>2</sup> soit une superficie équivalente à celle de l'actuelle Mer Caspienne ou de l'Allemagne, est le plus vaste paléolac du Sahara). Mais cette jeunesse du Sahara n'est qu'apparente.



© P. DURINGER – MPFT/CNRS-ULPS

D'autres épisodes désertiques antérieurs à celui-ci ont pu être mis en évidence dans cette vaste région du nord de l'Afrique à partir des archives géologiques. Ainsi, des sables dunaires anciens, remontant à au moins 86 000 ans, y représentaient jusqu'à ce jour le plus vieil enregistrement *in situ* d'une phase climatique désertique. Des indices, indirects, comme des poussières transportées par les vents et trouvées au sein de sondages carottés réalisés au large du continent africain, suggèrent l'existence en Afrique du Nord d'épisodes arides plus anciens que 86 000 ans.

Jusqu'à présent, l'âge du Sahara, c'est-à-dire de l'initiation des conditions arides qui le caractérisent était très mal connu, notamment en raison du manque d'archives géologiques fiables (origine désertique des marqueurs géologiques *in situ* et/ou datation de ceux-ci). Dans le cadre des recherches pluridisciplinaires conduites depuis 1994 par la Mission Paléanthropologique Franco-Tchadienne (M.P.F.T.) sur l'origine, l'évolution et les paléoenvironnements successifs des Hominidés anciens de l'erg du Djourab (Bassin du Tchad), de nouvelles couches géologiques ont été

Dune fossile

étudiées au cœur du Sahara. Elles ont révélé de véritables dunes fossiles, datées d'au moins 7 Ma (millions d'années). Ces archives géologiques découvertes *in situ*, témoignent d'un désert du Sahara largement plus ancien qu'admis généralement. Ce résultat vient de faire l'objet d'une publication dans la revue Science.

La reconstruction des environnements anciens, repose sur une solide connaissance des environnements actuels. Ainsi, pouvoir identifier des dunes fossiles au sein des archives géologiques, passe par une bonne connaissance des dunes actuelles. Une dune est une accumulation de sable par le vent. Ces accumulations d'origine éolienne peuvent prendre des formes diverses dont la plus typique est celle en forme de croissant ("barkhane") marquée, dans le sens du vent, par une pente douce (sur laquelle progressent les grains de sable sous l'action du vent) puis une pente raide (où s'accumulent les grains de sable par avalanches successives). Le sable dunaire, ou éolien, se compose de grains de quartz bien arrondis, bien triés et à surface mate. Des faisceaux de litages obliques (résultat de l'avalanche des grains de sable le long de la pente raide de la dune) caractérisent la structure interne des dunes.

Les dépôts de dunes fossiles du Tchad se caractérisent par : un sable clair,



© P. DURINGER – MPFT/CNRS-ULPS

Détail dune fossile. Pour les sédimentologues, tous les éléments caractéristiques d'un désert sont présents : sable clair, propre et peu cimenté ; absence de trace de vie ; grains de quartz, bien triés, parfaitement arrondis et à surface mate ; dépôts sédimentaires obliques ; rides de vents de certains pieds de dune.

propre et peu cimenté ; l'absence de traces de vie ; des grains de quartz, bien triés, parfaitement arrondis et à surface mate ; des grands faisceaux plurimétriques à décamétriques de litages obliques ; des lamines d'avalanches ; des rides de vents à la base de certains pieds de dunes.

Ces dunes fossiles présentent l'intérêt d'avoir pu être datées. En effet, celles-ci sont recouvertes par un niveau de grès argileux très riche en fossiles de vertébrés. Ces fossiles ont été datés par les paléontologues de la MPFT à 7 Ma ("datations biochronologiques" reposant sur l'analyse du degré évolutif des faunes fossiles). Ainsi, cette étude est le fruit d'un véritable travail d'équipe.

Les dunes fossiles du Tchad témoignent d'un véritable erg dunaire fossile qui s'est formé au Miocène supérieur, il y a 7 Ma. Cet erg fossile constitue le plus vieil enregistrement *in situ* d'un épisode désertique franc au Sahara. Il précède une phase climatique plus sahélienne marquée par la mise en place de paysages plus végétalisés et de lacs éphémères. L'identification dans le Djourab d'autres niveaux de dépôts d'origine éolienne suggère que le Sahara a connu des conditions arides (désert) intermittentes au moins au cours des 7 derniers Ma, à l'instar de ce qui a déjà été mis

en évidence dans le quaternaire.

Cette communication représente le premier jalon de la reconstruction de l'histoire géobioclimatique ancienne du Paléo-Sahara, durant une période encore largement méconnue. ■

Contact : Patrick VIGNAUD

Laboratoire de Géobiologie, Biochronologie et Paléontologie Humaine

UMR 6046 CNRS/Université de Poitiers

Patrick.vignaud@univ-poitiers.fr

Site de fouilles d'une équipe de la MPFT dans le désert du Djourab.



© MPFT 2002

## LA MISSION PALÉOANTHROPOLOGIQUE FRANCO-TCHADIENNE (M.P.F.T.)

Dirigée par Michel Brunet, Professeur à l'Université de Poitiers et Directeur du Laboratoire de Géobiologie, Biochronologie et Paléontologie Humaine (UMR 6046 CNRS/Université de Poitiers), la M.P.F.T. est une collaboration scientifique entre l'Université de Poitiers, le CNRS (Département des Sciences du Vivant & Programme ECLIPSE), l'Université de N'Djaména et le Centre National d'Appui à la Recherche (CNAR) N'Djaména. Elle regroupe une soixantaine de chercheurs de dix nationalités.



© P. DURINGER – MPFT/CNRS-ULPS

Désert du Djourab, Sahara : en deuxième plan les dunes actuelles et en premier plan une dune fossile âgée de 7 millions d'années. La direction des vents n'a pas changé : les deux dunes ont la même orientation.

# Origine des hominidés...

## Toumaï (Nord Tchad) : le nouveau doyen du rameau humain

La mission Paléanthropologique Franco-Tchadienne (MPFT) sous la direction de Michel BRUNET, professeur à l'Université de Poitiers et directeur du laboratoire Géobiologie, Biochronologie et Paléontologie Humaine (UMR 6046 CNRS-Université de Poitiers) qui regroupe une soixantaine de chercheurs appartenant à une dizaine de nationalités, conduit un programme international de recherches pluridisciplinaires sur "l'origine et les paléoenvironnements des premiers hominidés" en collaboration scientifique avec les Universités de Poitiers et de N'Djaména ainsi qu'avec le Centre National d'Appui à la Recherche. En 2001, après vingt années de recherches en Afrique de l'Ouest, le crâne, fruit de leur découverte, est un préhumain datant de 7 millions d'années : Toumaï.



que les australopithèques la faisaient remonter à environ 4 millions d'années, les hominidés du Miocène supérieur (*Ardipithecus kadabba*) à 5.8 millions d'années et à 6 millions d'années pour *Orrorin tugenensis*. *Sahelanthropus tchadensis* est pour le moment le plus ancien représentant de la lignée humaine et comble un vide dans l'échelle de l'évolution de l'homme.

Les ancêtres de Toumaï sont donc probablement des hominoïdes vivant comme lui au Miocène supérieur mais aujourd'hui, le lien de parenté entre ces hominoïdes et les premiers hominidés (Toumaï) n'a pas été établi.

### Son milieu

Découvert dans le Miocène supérieur de Toros-Menalla (désert du Djourab, Nord Tchad), le nouvel hominidé est associé à une faune dont le degré évolutif indique un âge biochronologique proche de 7 Ma. Cette faune est composée d'espèces de vertébrés aquatiques et amphibiens ainsi que de formes liées à la forêt galerie, la savane arborée et la prairie à graminées. Les études sédimentologiques sont en



accord avec le caractère périlacustre de cette mosaïque de paysages située entre lac et désert.

Au Botswana, dans le désert du Kalahari, le delta de l'Okavango présente une diversité de la flore et des paysages (îlots forestiers, savane arborée, prairie herbueuse, végétation aquatique de bordure d'eau) qui constitue sûrement un bon analogue actuel des environnements du Bassin du paléo-Lac Tchad il y a 7 Ma.

### La reconstitution virtuelle en 3D

La reconstitution du crâne s'est révélée être une véritable partie de puzzle : la structure osseuse a subi de multiples transformations au cours du temps. La fossilisation a rendu des éléments osseux fragiles et les mouvements du sol ont également déformé, voire écrasé la forme crânienne. Le travail à la main sur le crâne n'aurait pas pu être effectué pour redonner la forme originelle du crâne. Dans un premier temps, le scanner médical a été utilisé mais pourtant les images obtenues n'étaient pas assez contrastées, le fossile étant trop fortement minéralisé comparé à la dose de rayon X émise. Les images très précises, obtenues grâce à un scanner industriel, ont servi au traitement numérique. Ainsi, une séparation du fossile et du sédiment a été réalisée, le sédiment empêchant de visualiser certains éléments du crâne tel qu'il était à l'origine.

La reconstitution virtuelle en 3D présente différents résultats qui tiennent compte de toutes les modifications subies durant ces milliers d'années.

### Ce que Toumaï nous a révélé

La reconstitution virtuelle montre que Toumaï appartient au rameau humain. Le nouvel hominidé possède une association originale de caractères primitifs et dérivés qui permettent de le considérer à la fois comme proche du dernier ancêtre commun aux Chimpanzés et aux Humains, mais aussi comme le plus ancien des hominidés.

Les essais visant à rapprocher la forme crânienne à celle des grands singes apportent une trop grande modification de la morphologie du fossile. La divergence Chimpanzés-Humains est donc plus ancienne que ne le propose la plupart

des phylogénies moléculaires : Toumaï se place désormais au tout début de la lignée humaine.

D'après les mesures du bourrelet sus-orbitaire, Toumaï est un mâle. Son crâne présente certains caractères (notamment une face occipitale très inclinée vers l'arrière, un angle du plan orbital – plan du trou occipital supérieur à 90°) qui ne sont connus que chez des hominidés bipèdes plus récents.

Toumaï n'est donc pas quadrupède mais, par contre, l'hypothèse qu'il ait été bipède ne sera confirmée qu'avec la découverte de son bassin ou de son fémur, éléments qui n'ont pas encore été décrits.

Le site où le crâne fut mis au jour est maintenant un désert et les recherches s'étendent sur 1,5 kilomètres carrés. Il semblerait que la zone tchadienne ait été un carrefour entre le Nord et l'Est mais également entre le Sud de l'Afrique et l'Asie. Une possibilité voit alors le jour : l'ensemble gorillidés, panidés et hominidés n'aurait-il pas une origine asiatique ?

Au Tchad, les recherches continuent et s'étendent pour une distribution géographique plus vaste dans l'espoir de faire avancer, de nouveau, la connaissance de notre histoire ■

Contact : Michel BRUNET  
michel.brunet@univ-poitiers.fr



Crâne original (photo de gauche), crâne reconstitué (photo de droite).

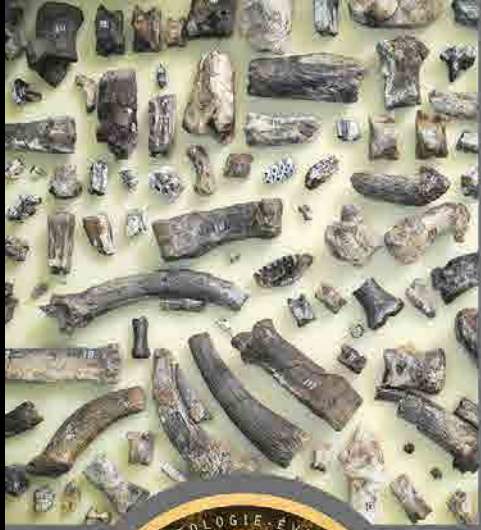
Michel BRUNET sur le site de découverte de TOUMAÏ

### Découverte de Toumaï

Scientifiquement désigné comme une nouvelle espèce : *Sahelanthropus tchadensis*, Toumaï porte un nom donné aux enfants naissants juste avant la saison sèche, qui en langue Goran signifie "espoir de vie".

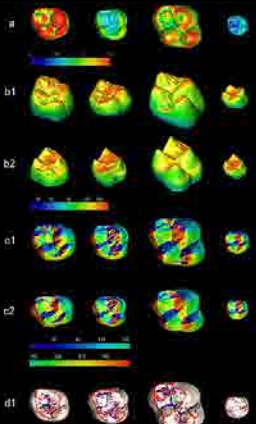
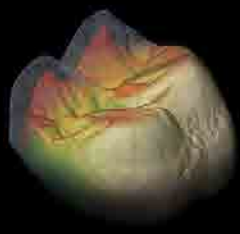
Cet extraordinaire matériel fossile composé




d'un crâne sub-complet, de quatre mâchoires inférieures incomplètes ainsi que de quatre dents isolées ont été mis au jour dans un niveau gréseux de l'Erg dunaire du Djourab, au Nord du Tchad par la MPFT. La découverte de Toumaï, classé comme hominidé, repousse l'origine humaine à 7 millions d'années alors



Retracer  
notre histoire évolutive

<http://palevoprim.labo.univ-poitiers.fr/>



 #PaléoDécodex  
 #palevoprim  
 Laboratoire PALEVOPRIM

