RSTE
Revue des Sciences, de Technologies et de l'Environnement Volume 3
Édition spéciale, Université d'été 2ème édition Mahajanga, novembre 2020

SUBFOSSILES ET ENVIRONNEMENTS PASSÉS DU NORD-OUEST DE MADAGASCAR

RANDRIANANTENAINA Hervé Gilbert[1], RAMANIVOSOA Beby[2] et GOMMERY Dominique[3]

1: UFR Mozea AKIBA, Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga, Tél. : 032 07 766 93/ 034 05 766 93, E-mail: hervegilbert@yahoo.fr
2: Enseignant-Chercheur, Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga, Tél. : 032 07 755 44; E-mail : lalaseheno@moov.mg
3: CR2P - Centre de Recherche en Paléontologie - Paris, CNRS - MNHN - Sorbonne Université, Campus Pierre et Marie Curie - Jussieu, Tél. : 46 - 56, E.5, Case 104, Fax-75252 Paris cedex 05, France, E-mail : dominique.gommery@sorbonne-universite.fr

Résumé

Avant 1997, le Nord-Ouest était une région presque vierge pour la recherche des subfossiles. Par la suite, une équipe franco-malgache développait une nouvelle approche d'étude basée sur les faunes subfossiles. Des prospections et des fouilles y sont effectuées par cette équipe. Elles ont conduit à la découverte de nouveaux remplissages dans les formations karstiques. L'objectif de notre étude est la conservation, gestion et valorisation des faunes subfossiles, pour aboutir à un développement durable du pays. Nous présentons une synthèse de l'ensemble des découvertes faites, dans le site de marécage côtier et dans les formations karstiques. Ce qui a montré l'importance de l'environnement du passé et la connaissance de la faune Quaternaire subfossilifère du Nord-Ouest de l'île de Madagascar. Ce sont les Rongeurs (Nesomyidae), les grands Lémuriens, et l'Hippopotames nains. Les plus anciens subfossiles sont datés d'environ entre 26 000 ans et 500 ans BP. Les données paléoenvironnementales permet de faire reculer dans le temps, les possibilités de début de peuplement humain de Madagascar. La biodiversité actuelle malgache est le résultat d'une cohabitation entre l'homme et la nature pendant plusieurs millénaires. Les actions anthropiques directes, par la présence des traces de découpe sur l'os ne sont pas négligeables et suffisent à déceler la présence de l'Homme à des périodes anciennes. Les changements climatiques pour le Quaternaire terminal de Madagascar montre un assèchement des marais et des lacs côtiers, qui a débuté entre 2 000 ans ou 3 000 ans, et aurait entraîné la disparition des subfossiles malgaches (Burney, 1997). La transmission des connaissances paléontologiques perdure à travers les générations futures pour un développement durable du pays par une exploitation scientifique, et également une valeur économique, valeur historique et esthétique.

Mots clés : Subfossiles, environnements, Nord-Ouest, Madagascar.

Abstract

Prior to 1997, the Northwest was an almost pristine region for finding subfossils. Subsequently, a Franco-Malagasy team developed a new study approach based on subfossil fauna. Surveys and excavations are carried out there by this team. They led to the discovery of new fillings in karstic formations. The objective of our study is the conservation, management and enhancement of subfossil fauna, to achieve sustainable development of the country. We present a synthesis of all the discoveries made, in the coastal swamp site and in the karst formations. This showed the importance of the environment of the past and the knowledge of the Quaternary subfossiliferous fauna of the northwest of the island of Madagascar. These are Rodents (Nesomyidae), Large Lemurs, and Dwarf Hippopotamuses. The oldest subfossils are dated to around 26,000 to 500 years BP. The paleoenvironmental data makes it possible to go back in time, the possibilities of the beginning of human settlement of Madagascar. Current Madagascan biodiversity is the result of a cohabitation between man and nature for several millennia. Direct anthropogenic actions, through the presence of cutting marks on the bone are not negligible and are sufficient to detect the presence of humans in ancient times. Climate change for the Terminal Quaternary of Madagascar shows a drying up of coastal marshes and lakes, which began between 2000 years or 3000 years ago, and would have led to the disappearance of Malagasy subfossils (Burney, 1997). The transmission of

ISSN: 2709-8192-1. https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

paleontological knowledge continues through future generations for a sustainable development of the country through scientific exploitation, and also an economic value, historical and aesthetic value.

Key words: Subfossils, environments, North-West, Madagascar.

Introduction

Madagascar possède une faune endémique très diversifiée. Les Nesomyidae (23 espèces), des Rongeurs endémiques étaient également présents sur le continent africain au Néogène. Les Lémuriens sont les seuls primates non-humains de Madagascar. Ils représentent le groupe de mammifère le plus diversifié actuellement à Madagascar avec 15 genres regroupant 97 espèces de Lémuriens (Mittermeier et al., 2010).

Madagascar se situe à une distance minimale de 450 km des côtes Est africaines. Son isolement avec le reste des terres émergées est ancien. Il est total depuis pratiquement 80 millions d'années. Cette distance de 450 km peut paraître faible comparée à d'autres îles du Pacifique ou de l'Asie du Sud-Est. Pourtant ces dernières semblent avoir été peuplées beaucoup plus tôt que Madagascar. Il est facile de voir que l'homme a eu un impact sur les environnements insulaires. Il suffit d'identifier et de retracer l'évolution de son influence. A l'heure actuelle, l'impact anthropique le plus évident et le plus important est la destruction des forêts qui entraine une érosion des sols d'où le surnom d'île rouge pour Madagascar (Harper et al., 2007).

Madagascar est connue pour sa diversité biologique actuelle. Il existe de nombreux fossiles et subfossiles d'animaux terrestres à Madagascar. Il existe un vide dans les niveaux fossiles entre 65 millions d'années et 26000 ans BP (entre fin de l'ère Secondaire et Quaternaire en subfossile). La faune terrestre de Madagascar comprend de grands groupes endémiques comme les Lémuriens, les Nesomyinae et les Tenrecidae pour ne citer qu'eux. Leur diversité passée est inconnue et la compréhension de celle-ci est nécessaire pour comprendre l'environnement du passé.

L'objectif de cet article est de comprendre la diversité faunique des subfossiles liée aux paléoenvironnements et la conservation, la gestion et la valorisation des faunes subfossiles, pour aboutir à un développement durable du pays.

Une synthèse de l'ensemble des découvertes faites dans le site de marécage côtier et dans les formations karstiques sera présentée. Ce qui montrera l'importance de l'environnement du passé et la connaissance de la faune Quaternaire subfossilifère du Nord-Ouest de l'île de Madagascar.

Méthodologie

Présentation de la zone d'étude (Nord-Ouest)

Géographiquement, la zone d'étude est située à 450 Km de l'Afrique de l'Est, séparé du canal de Mozambique. Elle s'étend sur la côte Nord-Ouest de Madagascar entre la presqu'île d'Ampasindava et l'Anticlinal cristallin du cap Saint-André au Sud. La surface actuelle des terrains sédimentaires émergés est de 79.000 Km^2 environ. La limite Sud du bassin est marquée par les dômes de Bekodoka et d'Ambohipaky, et à l'Est formant une concave sur le socle cristallin.

ISSN: 2709-8192-1. https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

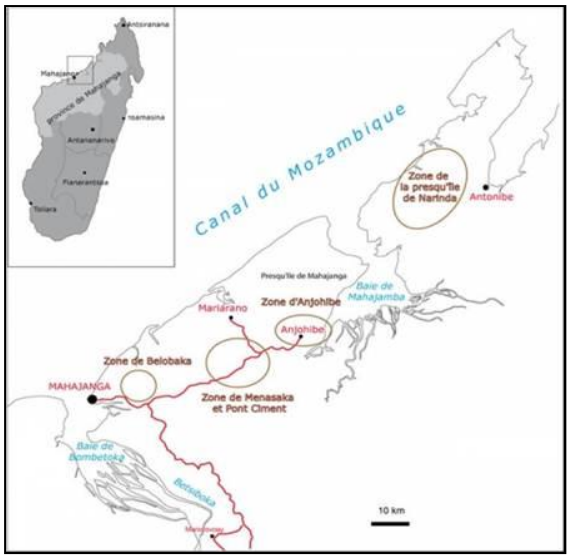

Figure 21: Carte de localisation de la zone d'étude (Source : Besairie, 1973 et modifiée par Gommery, 2011)

Matériels de terrain

Pour avoir des échantillons en bon état, nous avons utilisé les matériels suivants :

- Cartes géologiques pour bien repérer le site,
- GPS pour relever les coordonnées (latitude et longitude) de site
- Pelle ou bêche pour décapage des affleurements
- Brosse et pinceau pour enlever les sédiments aux alentours de l'échantillon,
- Pique pour creuser les sédiments indurés de calcite,
- Marteau et burin pour diminuer un peu l'épaisseur de la gangue,
- Sacs plastiques pour mettre les ossements,
- Papier d'emballage ou papier aluminium pour emballer les ossements très fragiles
- Carnet de note, crayon, et marqueurs à encre pour prendre notes,
- Appareil photo.

Matériels biologiques

Les échantillons étudiés sont constitués de restes crâniens, de restes dentaires et de restes postcrâniens. Ces matériels étudiés proviennent des quatre zones : zone de Narinda, zone de Menasaka, zone d'Anjohibe et zone de Belobaka)

Nous avons enregistré 4 484 échantillons de ces restes d'ossements des subfossiles.

Matériels de laboratoire

- Microgravеur à air compresseur pour le dégagement des concrétions de calcite sur les ossements d'Hippopotame.
- Pied à coulisse pour la mensuration des ossements.
- Acide acétique pour dégager les calcites sur les brèches contenant des ossements
- Microscope binoculaire ou Loupe binoculaire
- Cahier de catalogage, logiciels de traitement de photos (Adobe CS6)

Méthodes

Différentes prospections, reconnaissances et expertises précèdent les fouilles et les collectes sur le terrain. Et les échantillons seront transportés par la suite au laboratoire de l'UFR Mozea AKIBA de l'Université de Mahajanga, pour des études approfondies. Plusieurs descentes sur terrain ont été effectuées depuis 1995, 1997 et de 2001 jusqu'en 2012.

Méthodes de terrain

Étude préliminaire : prospection des différents circuits de la grotte en vue d'y découvrir des ossements des subfossiles *in situ*.

Fouille : la fouille paléontologique est un travail de longue endurance. Les ossements sont dégagés

ISSN: 2709-8192-1. https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

à l'aide d'outils divers (truelle, pelle, pique, marteau, burin, brosses).

Note préliminaire : *po*ur éviter la confusion et pour la commodité du travail, les ossements récoltés doivent être numérotés préliminaires. Il s'agit de donner à chaque os un numéro et quelques renseignements sommaires, permettant de le reconnaître aisément au laboratoire à savoir : numérotation des os (1, 2, 3…etc.), le code de terrain (ANJ, BEL…) et date de collecte.

Méthodes de laboratoire

Les procédés de pérennisation se poursuivent ensuite au laboratoire par application de plusieurs techniques dont :

Dégagements des ossements : consiste à les nettoyer les ossements, c'est-à-dire à les dégager de leur gangue et à les consolider. Le dégagement se fait de deux manières : par traitement mécanique (avec microgravеur ou burin) et/ou chimique (en utilisant l'acide acétique)

Restauration des os fragmentés : repositionner à leur emplacement exact la partie abîmée durant la fouille.

Reconnaissance du type d'os : elle est basée sur l'anatomie comparée en se référant aux formes actuelles et données antérieures disponibles.

Inventaire et catalogage : consiste à enregistrer chaque os dans le cahier de catalogage du laboratoire de l'UFR Mozea AKIBA. Le cahier de catalogage présente 04 colonnes : Préfixe : ANJ (Code du site), Numéro et année de fouille : 2'08, Nature : Mandibule jeune et Détermination (nom du genre et de l'espèce).

Méthodes statistiques

L'estimation de l'abondance relative (AR) a été effectuée dans le but d'avoir une idée générale sur nombre d'ossements collectés par zone. Pour cela, la fréquence d'observation d'ossement a été évaluée en fonction de nombre collecté et catalogué.

$$AR\ (\%) = \frac{\text{Nombre d'ossements subfossiles}}{\text{Nombre Total d'ossement subfossiles}} \times 100$$

Quatre classes d'abondance seront adoptées, conformément à la catégorisation (Jolly, 1965),

- Subfossiles Très Rares (STR) : la fréquence d'observation est inférieure à 1%
- Subfossiles Rares (SR) : la fréquence d'observation est entre 1 à 5%
- Subfossiles Influents (SI) : la fréquence d'observation est entre 5 à 15%
- Subfossiles Abondants (SA) : la fréquence d'observation est supérieure à 15%.

Resultats

Différentes zones et sites d'étude

Avant nos recherches, seuls 5 sites dont 2 de plein air (Anavilava et Amparihingidro) et 3 karstiques (Anjohibe, Anjohikely et Belobaka) étaient connus dans la Province de Mahajanga pour avoir livré des subfossiles (Gommery et al., 2011).

Les recherches se sont focalisées sur les presqu'îles de Narinda et de Mahajanga (Province de Mahajanga) (Figure 2). A l'heure actuelle, nous avons recensé 24 sites très reconnaissants à subfossiles dans la zone d'étude, certains comprennent plusieurs localités d'âge et/ou d'aspect différents.

Abondance relative des ossements de subfossiles par zone d'étude

Les ossements subfossiles collectés lors des campagnes des fouilles sont reparties dans quatre zones.

ISSN: 2709-8192-1. https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

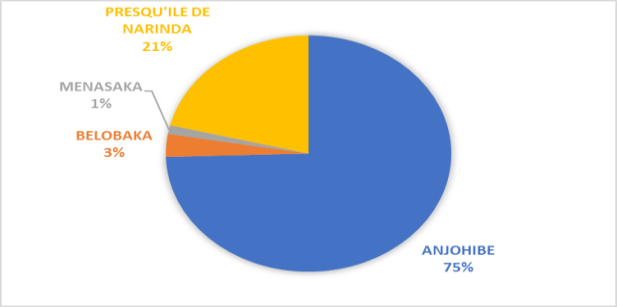

Figure 22: Répartition des ossements subfossiles par zone d'étude

D'après cette figure 3, les ossements subfossiles venant du zone d'Anjohibe avec un taux 75% et celle de la presqu'ile de Narinda (21%) très abondant, tandis que les trois deux autres un taux respectivement 3% pour la zone de Belobaka et 1% pour zone de Menasaka sont considérés zone rare en ossements des subfossiles, Mais cette différence en pourcentage n'est pas significative.

Taxons collectés par zone subfossilfères du Nord-ouest de Madagascar

Marécages côtiers (Zone de Belobaka : Site d'Amparihingidro)

- *Hippopotamus*
- *Palaeopropithecus*
- *Pachylemur*
- *Megaladapis madagascariensis*
- *Archaeoindris fontoynonti*

Formations karstiques

Tableau 10: Liste des subfossiles collectées par zone subfossilifères

Taxons	Zone de la presqu'ile de Narinda	Zone de Belobaka	Zone de Menasaka	Zone d'Anjohibe
Archaeolemur	+	+	+	+
Megaladapis sp.		+		+
Mesopropithecus				+
Pachylemur insignis				+
Palaeopropithecus maximus	+			+
Palaeopropithecus kelyus		+	+	
Cheirogaleus sp.	+			+
Eulemur sp.	+		+	+
Lepilemur sp.	+		+	+
Microcebus sp.	+			
Propithecus sp.	+		+	+
Aldabrachelys sp.		+		+
Bos sp.				+
Hippopotamus lemerlei				+
Hippopotamus laloumena		+		
Hippopotamus sp.	+			
Hypogeomys australis	+	+		+
Nesomys narindaensis	+		+	+
Brachytarsomys mahajambaensis	+	+		
Brachyuromys		+		
Rattus sp.			+	
Hipposideros commersoni	+			+
Potamochoerus larvatus				+
Bos sp.		+		
Cryptoprocta spelea			+	+
Total	**12**	**9**	**8**	**17**

Paleoenvironnement du Nord-Ouest

Les sites karstiques du Nord-Ouest ont livré des brèches ossifères très riches en microfaune parfois associées à de le macrofaune. De la microfaune a également été découverte dans d'autres types de sites (marécages) mais du fait de la nature du sédiment (non induré), il était impossible d'écarter l'éventualité d'une contamination par des éléments osseux contemporains. La probabilité de ce type de contamination est pratiquement nulle pour des brèches et il est alors possible de mettre en évidence des caractéristiques taphonomiques et/ou environnementales pour le dépôt. L'impact de l'homme va se traduire sous différentes formes. Il peut se traduire par exemple dans le changement de régime alimentaire des rapaces nocturnes telle la Chouette Effraie. Avant l'arrivée de l'homme, son alimentation était constituée exclusivement de proies endémiques (Rongeurs et Insectivores). Une fois l'homme présent sur l'île, les taxons qu'il a introduits (volontairement ou pas) vont faire leur apparition dans le régime alimentaire du prédateur, au début

ISSN: 2709-8192-1. https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

subtilement, avec la présence de quelques spécimens uniquement, puis petit à petit ces taxons introduits vont constituer la majorité des proies de la Chouette Effraie. Jusqu'à nos recherches dans le Nord-Ouest, on considérait qu'il n'y avait que de grands animaux qui sont éteints à l'exception d'un Rongeur de grande taille (*Hypogeomys australis*). En fait, il existe plusieurs taxons de petite taille qui se sont éteints comme par exemple une espèce de *Brachytarsomys* et une espèce de *Nesomys* dans plusieurs sites du Nord-Ouest (Ambatomainty, Ambongomambakoa, Belobaka, Antsingiavo A & B) (Mein et al., 2010). Les espèces actuelles du genre *Brachytarsomys* vivent à l'Est du Pays dans les forêts pluvieuses. Leur présence au Nord-Ouest suggère un paléoenvironnement plus humide qu'actuellement. Ceci semble confirmé par la présence de l'espèce éteinte de *Nesomys* (*N. narindaensis*). Les dernières recherches montrent qu'il existe aussi des restes de rongeurs qui vivent encore actuellement mais uniquement à l'Est de Madagascar dans les zones très humides ou en altitude (fraicheur). L'environnement passé était donc plus humide qu'aujourd'hui et probablement plus frais. Ces rongeurs ont été découverts dans des brèches dont les datations ont donné des âges correspondant plus ou moins à la dernière glaciation. Il a été trouvé dans plusieurs sites du Nord-Ouest, ceci indique que la zone de répartition était plus étendue dans le passé. Les changements climatiques ne sont sans doute pas les seuls responsables de sa raréfaction, l'homme a probablement favorisé le déclin de ce rongeur.

Extinction des subfossiles de Madagascar

Les actions anthropiques directes par la présence des traces de découpe sur l'os ne sont pas négligeables et suffisent à déceler la présence de l'Homme à des périodes anciennes.

Les changements climatiques pour le Quaternaire terminal de Madagascar (Tableau 2) montre un assèchement des marais et des lacs côtiers, qui a débuté entre 2 000 ans ou 3 000 ans, et aurait entraîné la disparition des subfossiles malgaches (BURNEY, 1997).

Tableau 11 :) Les changements climatiques pour le Quaternaire terminal de Madagascar (Source : Burney, 1997)

Périodes géologiques	Ages en BP Datations 14C	Conditions Climatiques
Holocène	1 000 au présent	Chaud, humide
	3 000 – 1 000	**Chaud, Sec**
	6 000 – 3 000	Chaud, Humide
	11 000 – 6 000	Modérément chaud, Sec
Pléistocène	15 000 – 11 000	Modérément chaud, Sec
	25 000 – 15 000	Froid, très sec
	40 000 – 25 000	Frais, Humide

D'autres indices d'activités humaines comme les poteries, les charbons de bois associés, aux ossements trouvés dans la grotte, peuvent être considérés aussi comme responsables de l'extinction des subfossiles par leurs datations.

Discussion

Sur la situation géographique des zones d'étude du Nord-Ouest

Les zones d'Anjohibe, de Belobaka et Menasaka sont situés entre deux grandes baies (Bombetoka et Mahajamba) et deux grands fleuves (Betsiboka et Mahajamba), donc dans une région très particulière du Nord-Ouest de Madagascar. Ces

ISSN: 2709-8192-1. https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

fleuves et ces baies ont pu avoir un rôle de barrière écologique.

A l'Holocène, un climat généralisé marqué par une oscillation des paramètres climatiques a été constaté (Burney, 1997 ; Faure et al., 2010). Pour nous, la zone de presqu'ile de Narinda serait isolée temporairement. Ce qui aurait engendré une évolution précoce de l'environnement lacustre vers un assèchement engendrant ainsi un régime alimentaire basé sur de la nourriture de consistance plus dure (Randrianantenaina et al., 2018).

Sur les subfossiles et paléoenvironnement

Les subfossiles de *Brachytarsomys* et *Nesomys* dans la province de Mahajanga sont des taxons rares par rapport à l'importante quantité de restes d'*Eliurus* (plusieurs espèces) et de *Macrotarsomys* (trois espèces et une du genre voisin *Monticolomys*). Le *B. mahajambaensis* est la plus petite des espèces du genre *Brachytarsomys*. À l'opposé, *N. naridaensis* est la plus grande des espèces du genre *Nesomys*. La présence de ces deux taxons est révélatrice d'un degré d'humidité plus importante dans le Nord-Ouest dans le passé (Mein et *al*., 2010).

Le plus gros lémurien actuel, l'*Indri*, pèse environ 10 kg. Dans le passé, il existait des formes de lémuriens subfossiles pouvant présenter des masses beaucoup plus considérables. Ainsi, le plus connu est le *Megaladapis edwardsi* qui pouvait peser 75 kg, soit l'équivalent d'une femelle de gorille. Mais il en existait des plus grands comme *Archeoindris fontoynontii* qui pouvait peser 200 kg. Son cousin, le Paléopropithèque qui dépassait les 50 kg, s'agrippait aux branches à la façon des paresseux, avec la tête en bas (Flacourt, 1658).

La famille des Hippopotamidae est représentée dans l'Holocène malgache, par trois espèces rapportées au genre *Hippopotamus*, et actuellement par deux espèces africaines *Hippopotamus amphibius* et *Choeropsis liberiensis*. La présence des Hippopotames dans le Nord-Ouest de Madagascar semble attester une humidité plus importante dans le passé, dans cette région (Faure et al., 2010).

Sur l'extinction des faunes subfossiles du Nord-Ouest

Les causes de l'extinction des grandes faunes subfossiles malgaches ont fait l'objet de longs débats (Burney et al. 2004 ; Macphee & Burney, 1991). Parmi les hypothèses proposées, leur extermination rapide par l'Homme dès son arrivée sur l'île (« Blitzkrieg ») a été souvent évoquée pour Madagascar (comme d'ailleurs pour d'autres mammifères pléistocènes, notamment les Hippopotamidae, sur certaines îles méditerranéennes). Cependant, aucune découverte n'a pour l'instant permis de la confirmer. Pour sa part, le gisement d'Anjohibe présente une forte concentration d'ossements d'hippopotames, mais aucun indice ne permet de dire que cette accumulation est due à l'Homme. Toutefois, quelques os présentant des traces de découpe suffisent pour déceler la présence de l'Homme à des périodes anciennes.

Conclusion

Les recherches franco-malgaches dans la région du Nord-Ouest de Madagascar sont dès à présent des références pour la recherche malgache et internationale, puisqu'elles traitent des problématiques suivantes, l'étude de la biodiversité

ISSN: 2709-8192-1. https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192

passée de Madagascar, et le pourquoi de l'extinction de la mégafaune malgache, les changements environnementaux, l'arrivée de l'homme à Madagascar et les origines des premiers habitants et, enfin, sur les étapes de l'action anthropique à Madagascar. Les diverses données obtenues de ces résultats, nous confirment que, le paléoenvironnement a subi une énorme variation, et on constate que plusieurs facteurs ont été considérés comme responsables de l'extinction de l'Hippopotame, changements environnementaux des végétations, base de la vie de l'Hippopotame. Les actions anthropiques directes par la présence des traces de découpe sur l'os ne sont pas négligeables et suffisent à déceler la présence de l'Homme à des périodes anciennes (Gommery et al., 2011). Et d'autres indices d'activités humaines comme les poteries, les charbons de bois associés aux ossements trouvés dans la grotte d'Anjohibe peuvent être considérés aussi comme responsables de l'extinction de l'Hippopotame.

La mise en valeur des ossements subfossiles permet d'exploiter à bonne connaissance les intérêts scientifiques paléontologiques et muséologiques de notre patrimoine. Une bonne prise en charge des spécimens subfossiles permet ainsi d'exploiter à bon escient leurs intérêts scientifiques paléontologiques. Il leur sera alors possible d'apporter un intérêt dans l'économie, et dans la culture. Alors, pour aboutir à un développement durable sur le patrimoine, une reconstitution de ces ossements subfossiles est primordiale et avec nécessité de la participation de l'Etat qui est indispensable pour la conservation, ainsi que la sécurité et la mise en valeur des sites découverts.

Références bibliographiques

Besairie, H. (1973). Précis de Géologie Malgache, Annale. Géologie de Madagascar, fascicule n°XXXVI., 137p.

Burney, D.A., L. Pigott Burney, L.R. Godfrey, W.L. Jungers, S.M. Goodman, H.T. Wright & A.J.T. Jull (2004). A chronology for late prehistoric Madagascar. Journal of Human Evolution, 47 : 25-63.

Gommery, D., B. Ramanivosoa, M. Faure, C. Guerin, P. Kerloc'h, F. Senegas & H. Randrianantenaina (2011). Les plus anciennes traces d'activités anthropiques de Madagascar sur des ossements d'hippopotames subfossiles d'Anjohibe (Province de Mahajanga). *Compte Rendu Palevol*, **10**: 271-278.

Harper, G.J., M.K. Steininger, C.J. Tucker, D. Juhn, and F. Hawkins, (2007). Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation*, **34**: 1-9.

Jolly, G.M., (1965). Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration. Stochastic model Biometrik 52-225

Macphee, R.D.E., D.A. Burney, (1991). Dating of modified femora of extinct dwarf Hippopotamus from southern Madagascar: implications for constraining human colonization and vertebrate extinction events. J. *Archaeol. Sci.* , **18**: 695–706.

Mein, P., F. Senegas, D. Gommery, B. Ramanivosoa, H. Randrianantenaina & P. Kerloc'h, (2010). Nouvelles espèces subfossiles de rongeurs du Nord-ouest de Madagascar. *Comptes Rendus Palevol*, **9** : 101-112.

Mittermeier, R.A., E.E. Louis Jr, M. Richardson, C. Schwitzer, O. Langrand, A.B. Rylands, F. Hawkins, S. Rajaobelina, J. Ratsimbazafy, R. Rasoloarison, (2010). Lemurs of Madagascar. Washington, DC: Conservation International.

Randrianantenaina H., H. Raveloson et S. Rasoloharijaona, (2018). Découverte d'un nouveau site fossilifère d'hippopotame nain du Nord-Ouest de Madagascar à Anjajavy et étude comparative numérique des traits mandibulaires d'Anjajavy et d'Anjohibe. Poster. 5 ans de l'EDEN.

ISSN: 2709-8192-1. https://portal.issn.org/resource/ISSN/2709-8192