



Université d'Antananarivo

Domaine Sciences et Technologies



Mention Bassins sédimentaires Evolution Conservation

BASSINS SEDIMENTAIRES
EVOLUTION CONSERVATION



Parcours Bassins Sédimentaires Archive de la vie et Ressource du futur

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER



Présenté par

RASOLOFOMANANA Tojoarilala Rinasoa Nadia

Soutenu publiquement: le 09 Septembre 2016

Devant la commission de Jury:

Président: Toussaint RAKOTONDRAZAFY, Maitre de Conférences

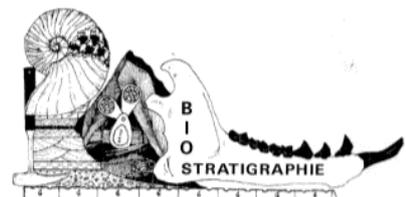
Rapporteurs: Armand RASOAMIARAMANANA, Maitre de Conférences

Karen SAMONDS, Assistant Professeur

Examineur: Tsiory ANDRIANAVALONA, Docteur ès Sciences



Northern Illinois
University





Université d'Antananarivo
Domaine Sciences et Technologies



Mention Bassins sédimentaires Evolution Conservation



Parcours Bassins Sédimentaires Archive de la vie et Ressource du futur
MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER



Présenté par:

RASOLOFOMANANA Tojoarilala Rinasoa Nadia

Soutenu publiquement: le 09 Septembre 2016

Devant la commission de Jury:

Président: Toussaint RAKOTONDRAZAFY, Maitre de Conférences

Rapporteurs: Armand RASOAMIARAMANANA, Maitre de Conférences

Karen SAMONDS, Assistant Professeur

Examineurs: Tsiory ANDRIANAVALONA, Docteur ès Sciences



Northern Illinois
University



A mon père

A ma mère

A mes deux frères

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes vifs remerciements à:

- Monsieur Marson RAHERIMANDIMBY, Professeur titulaire, Responsable du Domaine Sciences et Technologies, qui a accordé la soutenance de ce mémoire.
- Monsieur Toussaint RAKOTONDRAZAFY, Maitre de conférences, Responsable de la Mention Bassins sédimentaires Evolution Conservation (BEC) de sa générosité, son soutien et ses conseils. Merci de me faire l'honneur de Présider le jury de ce mémoire.
- Madame Lydia RAHANTAHARISOA, Maitre de Conférences, Responsable du Parcours Bassins sédimentaires Archive de la vie et Ressources du futur, pour son appui et ses conseils.
- Monsieur Armand RASOAMIARAMANANA, Maitre de Conférences, Directeur du Laboratoire de Paléontologie et de Biostratigraphie, d'avoir cru et veillé sur moi, m'a fait part de ses connaissances et expériences. Merci d'avoir accepté d'être le rapporteur de ce travail.
- Madame Karen SAMONDS, Assistant Professor, de m'avoir consacré du temps et de l'énergie. Sans elle, ce travail n'aurait jamais pu voir le jour. Merci de me faire l'honneur d'être le rapporteur de ce travail.
- Madame Tsiory ANDRIANAVALONA, Docteur en Paléontologie et Biostratigraphie, pour son appui, ses conseils et encouragements et qui a bien voulu participer à ce jury en tant qu'examineur.
- Tous les enseignants, le personnel administratif et technique de la Mention BEC qui m'ont accompagné durant mes études supérieures.
- Monsieur Steven Goodman, spécialiste des Vertébrés, pour ses inestimables aides et conseils.

- Monsieur Joseph Sertich, Phd, Conservateur au Musée de Denver, de m'avoir consacré du temps et partagé avec moi ses connaissances.
- L'ONG SADABE en particulier Mitchell Irwin, pour sa collaboration, et toute l'équipe du « Cenozoic Project ».
- Aina RAMIHANGIHASON, de m'avoir encadré sur terrain et de m'avoir toujours conseillé et aidé durant la réalisation de ce travail.
- Le Président du Fokontany et toute la population de Tsaramody pour leur collaboration et accueil chaleureux.
- Tous les étudiants du Laboratoire de Paléontologie et de Biostratigraphie, en particulier Miary qui n'a cessé de manifester son soutien et son amitié ; Ravo pour sa sympathie et son aide durant les travaux en laboratoire.
- La Promotion *Rahonavis* avec une pensée particulière pour Willio, Bakoly et Hanitra qui ont partagé avec moi joies et tristesses le long de notre cursus universitaire au sein du Département de Paléontologie et d'Anthropologie Biologique actuel Mention BEC.

Résumé

Ankeniheny- Tsaramody est un site à subfossiles dans le Sous-bassin de Sambaina-Antsirabe. Des expéditions y sont menées en 2015, durant lesquelles 596 restes subfossiles ont été récoltés dans deux niveaux fossilifères NF1 et NF2. Par la méthode de l'Anatomie Comparée, le quart des échantillons a pu être déterminé anatomiquement et taxonomiquement. Cette détermination taxinomique a permis d'identifier huit genres et six espèces dont des espèces disparues telles que *Mullerornis*, *Aldabrachelys*, *Hippopotamus lemerlei*, *Aepyornis hildebrandti*, *Voay robustus*, caractéristiques de la faune du Plio-Quaternaire de Madagascar, ainsi que des Oiseaux aquatiques vivant encore actuellement tels *Anas erythrorhynca*, *Asio madagascariensis*, et *Egreta alba*. Les plus abondants parmi les matériels trouvés appartiennent au genre *Hippopotamus* et la dent est l'élément la mieux conservée. La modalité de la mort de cette faune est étroitement liée à la dernière phase du volcanisme de l'Ankaratra. Par l'application du Principe de l'Autoécologie, il est supposé qu'Ankeniheny était un vaste marais entouré d'une forêt claire.

Mots clés : Subfossiles, Taphonomie, Systematique, Plio-Quaternaire, Paléoenvironnement, Tsaramody

Abstract

Ankeniheny - Tsaramody is a newly discovered subfossil site in the Sous Bassin de Sambaina-Region d'Antsirabe. During expeditions in 2015, the team identified two fossiliferous levels NF1 and NF2 and collected 596 fossils. Using comparative anatomical methods, approximately one quarter of these specimens could be determined anatomically and taxonomically. This determination taxonomically identified eight genera and six species including extinct species; some characteristic of Madagascar's fauna from the Pliocene-quaternary (e.g., *Mullerornis*, *Aldabrachelys*, *Hippopotamus lemerlei*, *Aepyornis hildebrandti*, *Voay robustus*), and modern water birds including *Anas erythrorhynca*, *Asio madagascariensis*, and *Egretta alba*. The most abundant material is that of *Hippopotamus* bones, but teeth are often the best-preserved elements. The death of this fauna appears to be closely related to Ankaratra volcanism. The paleoecological analysis reveals that Ankeniheny was a large marsh surrounded by woodland.

Keywords: Subfossil, Taphonomy, Systematic, Plio-quaternary, Paleoenvironment, Tsaramody

Sommaire

Remerciements	i
Résumé	iii
Sommaire	iv
Liste du Tableau	vi
Liste des figures.....	vi
Liste des abréviations et acronymes	viii
Introduction	1
I. Généralités	2
1. Définitions	2
1.1. Genèse des gisements fossilifères: Taphonomie	2
1.2. Autoécologie	2
1.3. Travertin	2
1.4. Subfossiles	3
2. Les sites subfossilifères.....	3
3 Cadre géographique	5
3.1 Sous-bassin de Sambaina	5
3.2 Site d'étude.....	6
4 Historique des recherches paléontologiques dans le sous-bassin de Sambaina	7
II. Méthodologie.....	8
1. Matériels	8
1.1 Matériels sur terrain	8
1.2 Matériels au laboratoire	8
1.3 Matériels biologiques	10
2. Méthodes.....	10
2.1. Méthodes sur terrain.....	10
2.2. Méthodes au laboratoire	12
2.3. Méthode taphonomique.....	14
2.4. Méthode paléoenvironnementale	14
III. Résultats.....	15
1. Coupe géologique du site	15
2. Identifications systématiques.....	16

2.1.	NF1.....	16
2.2.	NF2.....	44
3.	Etude quantitative.....	49
IV.	Interprétation.....	53
1	Etude quantitative.....	53
2	Taphonomie.....	53
3	Présence d'oiseaux actuels.....	55
2	Paléoenvironnement.....	55
V.	Discussion.....	58
	Conclusion.....	63
	Bibliographie.....	64
	Annexe.....	I

Liste du Tableau

Tableau 1 : Comparaison entre le site d'Ankeniheny-Tsaramody et Ampasambazimba	60
--	----

Liste des figures

Fig.1 : Les principaux sites subfossilifères de Madagascar (Source Mittermeier et al, 2010 ; modifiée)	4
Fig. 2 : Carte de localisation du site d'étude (Sandiarisata, 2015)	6
Fig. 3 : Quelques matériels utilisés au laboratoire (Rakotozandry 2016 ; modifié)	9
Fig. 4: Restes fossiles collectes sur terrain (Samonds, 2014).....	10
Fig. 5 : Creusage de trou (Samonds, 2014)	11
Fig. 6 : Ossement subfossile trouvé dans le trou (a) et tamisage des boues (b)(Rasoamiaramanana, 2016)	11
Fig. 7 : Etapes de préparation des fossiles.....	12
Fig. 8: Groupements morphologiques (a) et représentants de chaque groupe (b)	13
Fig. 9 : Coupe géologique du site d'étude	15
Fig. 10 : Schémas d'une dent du genre <i>Hippopotamus</i>	16
Fig. 11 : Schémas d'un talus du genre <i>Hippopotamus</i>	17
Fig. 12 : Schémas d'un calcanéum du genre <i>Hippopotamus</i>	18
Fig. 13 : Schéma d'un côte du genre <i>Hippopotamus</i>	19
Fig. 14 : Schéma d'un sacrum du genre <i>Hippopotamus</i>	20
Fig. 15 : Schémas d'un tibia gauche du genre <i>Hippopotamus</i>	21
Fig. 16 : Schéma d'un fragment de mandibule du genre <i>Hippopotamus</i>	22
Fig. 17 : Schémas d'un fémur droit du genre <i>Hippopotamus</i>	23
Fig. 18 : Schémas d'une vertèbre du genre <i>Hippopotamus</i>	24
Fig. 19 : Schémas d'un os zygomatique du genre <i>Hippopotamus</i>	25
Fig. 20 : Schéma d'une arcade zygomatique du genre <i>Hippopotamus</i>	25
Fig. 21 : Schémas d'un métatarse du genre <i>Hippopotamus</i>	26
Fig. 22 : Schémas d'une phalange du genre <i>Hippopotamus</i>	27
Fig. 23 : Schéma d'un fragment d'ilion du genre <i>Hippopotamus</i>	27
Fig. 24 : Schémas d'une incisive du genre <i>Hippopotamus</i>	28
Fig. 25 : Emplacement des éléments étudiés (a) et reconstitution du genre <i>Hippopotamus</i> (b).....	29
Fig. 26 : Schéma d'un osteoderme dorsal d'un Crocodylidae	30
Fig. 27 : Schéma d'un osteoderme de Crocodylidae	30
Fig. 28 : Schémas d'une dent d'un Crocodylidae.....	31
Fig. 29 : Schémas d'une côte d'un Crocodylidae	32

Fig. 30 : Schémas de l'os carré de l'espèce <i>Voay robustus</i>	33
Fig. 31 : Schémas d'un ilion de l'espèce <i>Voay robustus</i>	34
Fig. 32 : Schéma d'une ptérygoïde de l'espèce <i>Voay robustus</i>	34
Fig. 33 : Schémas d'un nasal de l'espèce <i>Voay robustus</i>	35
Fig. 34 : Schéma d'un os frontal du genre <i>Voay robustus</i>	36
Fig. 35 : Emplacement des éléments crâniens étudiés (a), reconstitution de l'espèce <i>Voay robustus</i> (b)	36
Fig. 36 : Schéma de la partie distale d'un tarsometatarse du genre <i>Aepyornis</i>	37
Fig. 37 : Schémas de la partie proximale d'un tarsometatarse du genre <i>Aepyornis</i>	38
Fig. 38 : Schémas d'un fémur de l'espèce <i>Aepyornis hildebrandti</i>	39
Fig. 39 : Emplacements des éléments étudiés (a), reconstitution du genre <i>Aepyornis</i> (b)	40
Fig. 40 : Schéma d'un fragment d'un tibiotarse du genre <i>Mullerornis</i>	41
Fig. 41 : Schéma des vertèbres d'un Testudinidae	42
Fig. 42: Emplacement de l'élément étudié	43
Fig. 43 : Schéma d'une plaque dermique du genre <i>Aldabrachelys</i>	43
Figure 44 Emplacement de l'élément étudié	44
Fig. 45 : Schéma d'un scapula de l'espèce <i>Egretta alba</i>	45
Fig. 46 : Schémas d'un tibiotarse de l'espèce <i>Egretta alba</i>	45
Fig. 47: Espèce <i>Egretta alba</i> (b), emplacement des éléments étudiés (a)	46
Fig. 48 Schéma d'un carpometacarpe de l'espèce <i>Anas erythrorhynca</i>	47
Fig. 49: Espèce <i>Anas erythrorhynca</i> (b), emplacement de l'élément étudié (a)	48
Fig. 50 : Schéma d'une phalange de l'espèce <i>Asio madagascariensis</i>	48
Fig. 51: Emplacement de l'élément étudié	49
Fig. 52 : Effectif total des restes fossiles	50
Fig. 53 : Distribution des restes fossiles.....	51
Fig. 54 : Abondance de chaque division squelettique.....	52
Fig. 55 : Résumé du processus taphonomique	55
Fig. 56 Reconstitution du Paléoenvironnement de la région d'Antsirabe (Goodman, Jungers 2013) ..	58

Liste des abréviations et acronymes

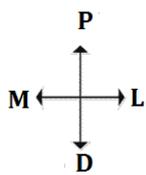
GPS: Global Positioning System

RN: Route Nationale

NIU: Northern Illinois University

BEC: Bassins sédimentaires Evolution Conservation

NF: Niveau fossilifère



Avec

L: Latéral

M: Médial

D: Distal

P: Proximal

MNE: Minimum number of element

NRI: Nombre des restes indéterminés

NRD: Nombre des restes déterminés

BP: Before present

ADN: Acide désoxyribonucléique

DEA : Diplôme d'étude approfondie

BBC: British Broadcasting Corporation

TSM: Tsaramody

Introduction

La région de Sambaina fait partie des hautes terres centrales de Madagascar. C'est une plaine se trouvant dans une cuvette intramontagnarde. Elle est entourée de reliefs d'altitudes plus élevées, notamment le grand massif volcanique de l'Ankaratra qui culmine à 2 644m au Tsiafajavona. La plaine est constituée par des sols volcaniques et des sédiments lacustres qui renferment des ossements subfossiles très caractéristiques comprenant des oiseaux, des reptiles et des mammifères. Ils feront l'objet de la présente étude (Lageat & Peyrot, 1972)

Les groupes fossiles rencontrés dans le site d'Ankeniheny sont légèrement différents de ceux de la région d'Antsirabe d'après les premières investigations. Cette différence est-elle due au fait que sur ce site la recherche paléontologique n'est qu'à la phase préliminaire ? Ou le site correspond-il à une niche particulière avec un microclimat différent de la région d'Antsirabe au Pléistocène, inadapté pour certains groupes?

Ce mémoire a pour objectif la mise en relation de l'histoire géologique de l'Ankaratra et la taphonomie de la faune subfossile du site; ainsi qu'une comparaison avec le site d'Ampasambazimba. Ceci contribue à étoffer les données sur la faune subfossile de Madagascar.

Ainsi, l'étude paléontologique des matériels biologiques définira les taxons présents dans le site d'Ankeniheny afin d'inventorier la faune qui l'occupait. A partir des déterminations taxinomiques, un essai de reconstitution du paléoenvironnement du site par la relation avec la paleoécologie des grands groupes fossiles est proposé. Enfin, l'étude taphonomique permettra d'établir une interprétation de l'histoire post mortem des animaux disparus.

Le présent travail se divise en six grandes parties : généralités, méthodologies, résultats, interprétations, discussions et conclusion. La première partie introduit le cadre général de l'étude. La deuxième comporte les méthodes appliquées sur terrains et au laboratoire. La troisième regroupe tous résultats obtenus. La quatrième propose une reconstitution de milieu du site ainsi que les processus taphonomiques des organismes subfossiles. Dans la cinquième partie se trouve la comparaison du site d'étude avec Ampasambazimba et la dernière partie présente les conclusions finales.

I. Généralités

1. Définitions

Quelques notions sont définies pour mieux expliquer le contenu de ce travail.

1.1. Genèse des gisements fossilifères: Taphonomie

Elle concerne l'histoire post-mortem des organismes composés par une succession d'évènements qui se déroule entre le moment de leur mort et leur fossilisation dans le site actuel, à savoir :

- accumulation des organismes,

Elle est caractérisée par une concentration de fossile d'origines différentes autochtones et/ou allochtones.

- enfouissement des organismes,
- diagenèse.

1.2. Autoécologie

L'autoécologie étudie les relations entre un taxon et les facteurs de son environnement (Delpech & Guérin, 1996)

Un niveau fossilifère dans un gisement correspond à une accumulation de taxons provenant des niches écologiques différentes.

1.3. Travertin

C'est une roche formée à partir des sources chaudes contenant en abondance des carbonates de calcium associés à une assez faible proportion de bicarbonate de soude. Ces sources qui changent souvent de place, traversent les dépôts organiques constituant le borbier. Au contact de l'air, le carbonate de chaux précipite donnant des concrétions calcaires tandis que le bicarbonate se dissout dans le marais

Pour un gisement subfossile, ces concrétions calcaires encore en voie de formation peuvent constituer une couche protectrice contre les agents atmosphériques.

1.4. Subfossiles

Ce sont des espèces éteintes à une époque très récente (Battistini, Verin, 1960). Leur minéralisation n'est pas encore achevée. Ils sont essentiellement composés des restes non modifiés de l'ancien organisme originel et peuvent contenir encore de l'ADN pour des études de génétique moléculaire, et d'une datation au Carbone 14 (Goodman & Jungers, 2013).

2. Les sites subfossilifères

Principaux types de sites subfossilifères

Les sites à subfossiles peuvent être classés selon la formation géologique rencontrée (Mahé, 1965). On distingue :

Les tourbières

Dans le centre de Madagascar, dans les régions volcaniques. Exemple : Antsirabe, Itasy (Fig. 1, page 4)

Les marais

Dans la côte Sud-Ouest de Madagascar. Exemple : Bevoha, Itampolo (Fig. 1, page 4)

Les grottes

Dans la partie Ouest de Madagascar. Exemple : Tsimanapetsotsa, Anjohibe,

Les appareils dunaires

Dans le Sud-Ouest de Madagascar. Exemple : Faux Cap

Mais, la plupart des gisements subfossiles de Madagascar sont des dépressions à caractères marécageux.

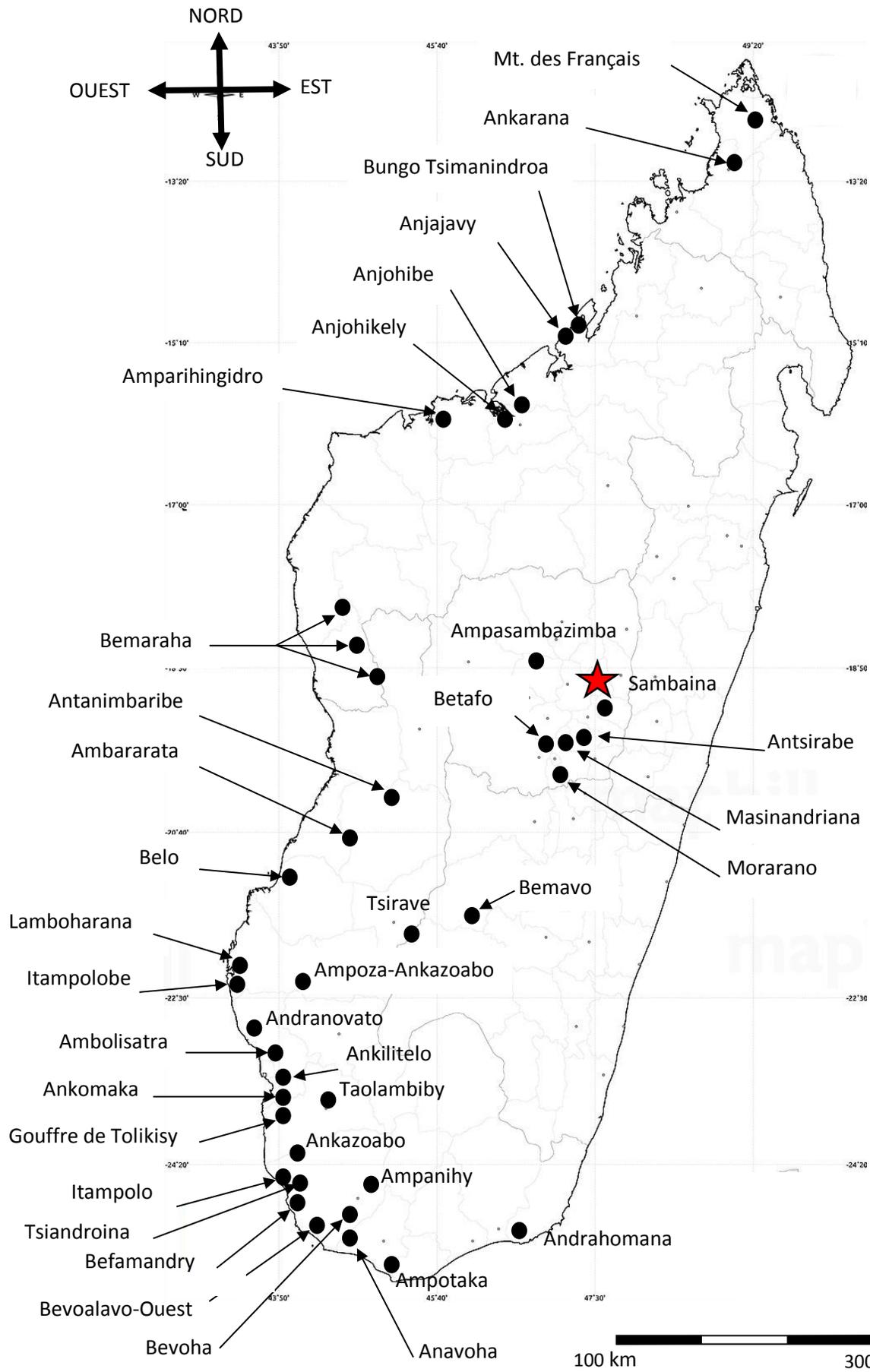


Fig.1 : Les principaux sites subfossilifères de Madagascar (Source Mittermeier et al, 2010 ; modifiée)

3 Cadre géographique

3.1 Sous-bassin de Sambaina

Par la séparation et la chronologie des terrains cristallins anciens, le socle cristallin de Madagascar est divisé en 3 grands systèmes superposés dont le système du graphite (dans lequel appartient la région d'Antsirabe) situé entre le système Androyen à la base et le système Vohibory au sommet.

Le complexe de l'Ankaratra a connu quatre phases principales successives d'éruptions volcaniques du Néogène au Quaternaire. L'écoulement de laves dans les vallées et les mouvements tectoniques ont établi quatre sous-bassins :

- sous-bassin d'Onive,
- sous-bassin d'Antanifotsy,
- sous-bassin de Sambaina,
- sous-bassin d'Antsirabe.

Le sous bassin de Sambaina est limité à l'Ouest par le massif trachytique de l'Antsofimbato et à l'Est l'arête migmatitique Ambohitrakanga.

A l'entrée de la plaine alluviale de Sambaina se trouve une vaste plaine d'alluvions récentes bordées sur son pourtour par une bande de sédiments lacustres néogènes recouverte par des formations volcaniques.

Le pont de l'Ilempona permet le passage de la piste routier qui, en 8km, permet d'accéder à l'ancienne exploitation du gisement de schistes bitumineux de Mandrosohasina.

La butte de Miarinarivo, une butte recouverte de blocs rocheux constituée par un pointement de phonolite, se trouve à 2 km du pont de l'Ilempona et à 500 m à l'Ouest de la piste de Mandrosohasina.

Au Nord-Ouest, la plaine apparait bordée par un volcanisme basaltique sur lequel se détache la table phonolitique du Maroparasy et à l'horizon, le massif trachytique du Mangabe Inanokely. (Besairie, 1960)

3.2 Site d'étude

Il se trouve à Ankeniheny, dans le village de Tsaramody, de coordonnées GPS : 19° 36' 01.5''S, 047° 10' 38.2'' E, à 1655m d'altitude (Fig. 2, page 6)

Il se situe à environ 30km au Nord d'Antsirabe suivant la RN7 dans la région de Vakinankaratra. (Sandiarisata, 2015).

Traversé par l'Ilempona, Ankeniheny appartient au sous-bassin de Sambaina dans sa vaste planitude d'âge Pliocène-Pléistocène. Il est caractérisé par des coulées basaltiques, notamment de basalte phonolitique, du volcanisme du massif de l'Ankaratra et des sédiments argileux.

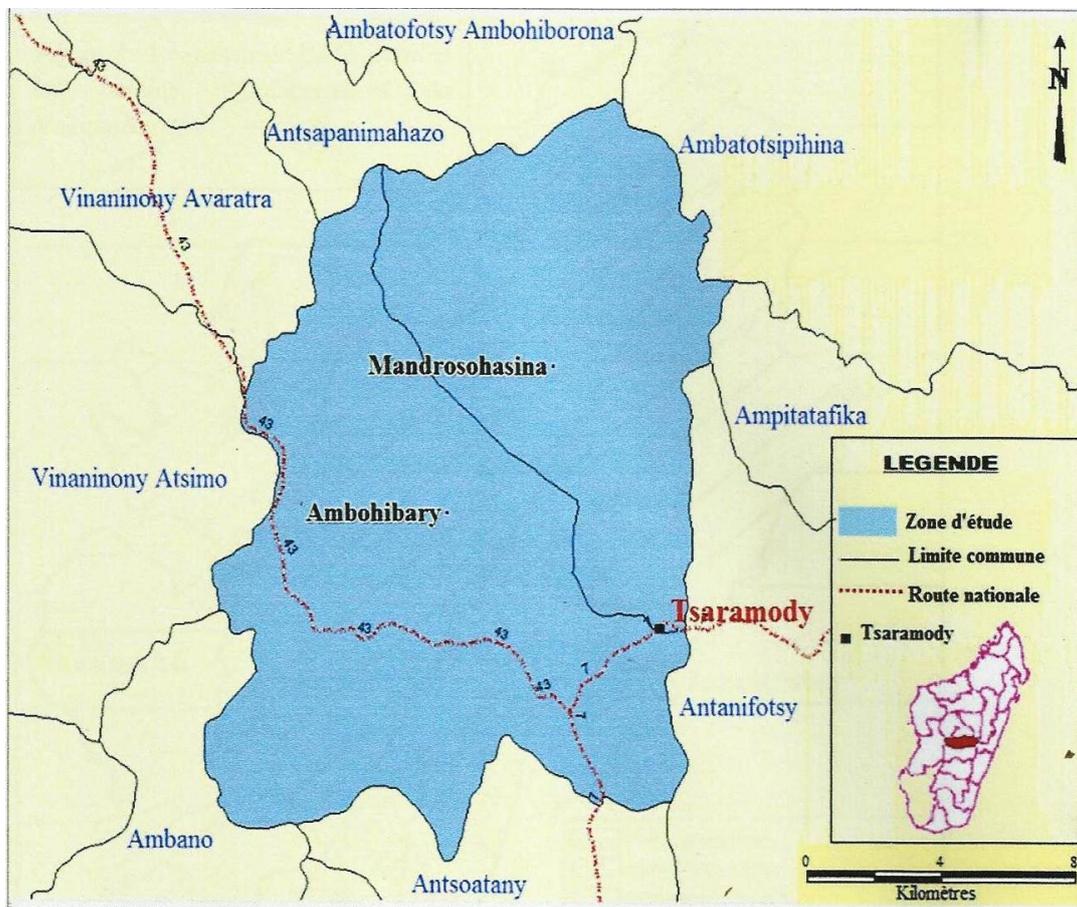


Fig. 2 : Carte de localisation du site d'étude (Sandiarisata, 2015)

4 Historique des recherches paléontologiques dans le sous-bassin de Sambaina

- En 1949, Lenoble a exploré l'ancien lac du Nord d'Antsirabe où il a trouvé des fossiles de vertébrés. Mais leurs collectes étaient fortuites et leurs descriptions vagues et aléatoires; puisque la région était largement inexplorée sur le plan paléontologique étant donné que cette première recherche s'est concentrée sur la géologie.
- En 2010, l'équipe de Samonds a mené une prospection dans la région en suivant les subdivisions cartographiées par Lenoble. Cette reconnaissance a permis d'identifier un nouveau site à subfossiles : Tsaramody.
- En 2014, dans le cadre d'un « *field school* » et la préparation d'un DEA, la même équipe est descendue sur le site et a collecté plus d'une centaine de restes subfossiles.
- En 2015, pour le tournage d'un film documentaire sur Madagascar réalisé par la chaîne BBC, l'initiation à la paléontologie des étudiants de NIU et l'accomplissement de ce présent travail, des expéditions ont été menées, lesquelles ont permis de collecter des centaines d'ossements.
- En 2016, dans le cadre de la collaboration entre le Projet "Cénozoïque" et la Mention BEC plusieurs étudiants de l'Université d'Antananarivo et de l'Université de l'Illinois ont effectué un stage de terrain sur le site.

II. Méthodologie

1. Matériels

1.1 Matériels sur terrain

Plusieurs matériels ont été utilisés sur terrain, dont :

- des bêches et barre-mine pour creuser les puits,
- des seaux pour évacuer l'eau,
- des brosses pour enlever les sédiments mous et meubles des fossiles trouvés,
- un tamis à maille de 1cm pour trier et repérer les petits échantillons fossiles,
- un appareil photo pour la mémoire visuelle et les illustrations,
- des essuie-tout et sachets plastiques pour envelopper les fossiles et les protéger des chocs.

Les démarches entreprises ainsi que les informations recueillies sur terrain sont archivés dans un carnet de terrain.

1.2 Matériels au laboratoire

Des matériaux sont utilisés pour les travaux en laboratoires (Fig. 3, page 9) :

- **Marteau et petits burins**

Ils sont utilisés pour un dégagement mécanique des fragments de basaltes collés aux matériels. Afin de ne pas casser l'os lors du dégagement des gangues, le burin est frappé suivant une direction presque parallèle à l'os.

- **Appareil à air comprimé**

La pression de l'air créée par le moteur de l'air compresseur, est utilisée pour dégager les gangues rocheuses dans lesquels les fossiles sont emprisonnés.

- **Colles spéciales**

Les paleobonds sont des colles spéciales pour recoller les ossements fossiles.

- **VINAC**

C'est une solution obtenue par un mélange d'Acryloid B6 et d'acétone. Elle permet de raffermir les matériels fossiles et les rendre brillants.

- **Oreiller de sable**

Ce petit sac de sable permet d'amortir les vibrations et chocs pendant le dégagement des gangues afin d'éviter les cassures.

- **Marqueur à encre indélébile**

Il sert à écrire les numéros de catalogages sur les matériels.

Colles



Matériaux utilisés pour dégager mécaniquement les gangues



Materiel utilisé pour la documentation



Légendes:

- | | | | |
|--------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| 1: vinac | 3: burin | 5: brosse à fibre de nylon | 7: appareil à air comprimé |
| 2: Paleobond | 4: Marteau | 6: oreiller de sable | 8 : appareil photo |

Fig. 3 : Quelques matériels utilisés au laboratoire (Rakotozandry 2016 ; modifié)

1.3 Matériels biologiques

Les matériels collectés sur terrains constituent les matériels d'études (Photo 1, page 10). Les matériels d'études peuvent être groupés en 3 grandes classes :

- les petits fragments indéterminables : les esquilles,
- les matériels cassés mais déterminables anatomiquement et/ou taxonomiquement,
- les matériels intacts déterminables avec certitude anatomiquement et taxonomiquement.



Fig. 4: Restes fossiles collectés sur terrain (Samonds, 2014)

2. Méthodes

2.1. Méthodes sur terrain

Les méthodes sur terrains peuvent être regroupées en trois grandes étapes :

a) **Creusage des trous et établissement de la coupe géologique**

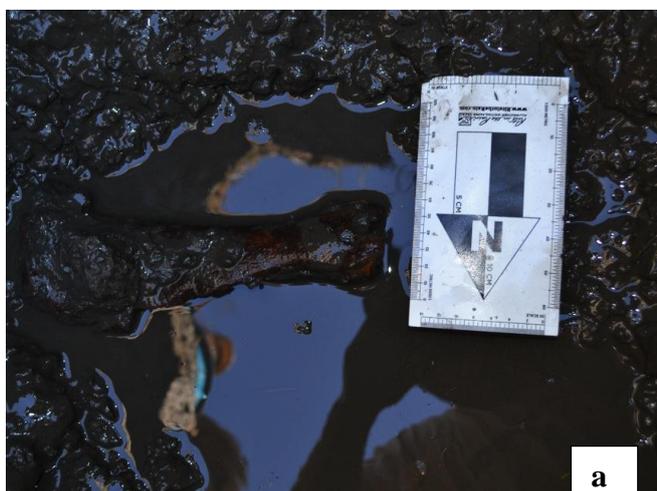
- Localiser le point à creuser en écoutant les résonances de la couche de travertin sous le sol, car sa présence peut signifier la conservation des restes fossiles,
- creuser les points reconnus, le creusage étant fait jusqu'au niveau de la couche de travertin (Photo 2, page 11), dont est établi la succession des couches. ces informations sont rapportées dans un carnet de terrain
- évacuer à l'aide d'un seau l'eau qui s'infiltré dans le trou.



Fig. 5 : Creusage de trou (Samonds, 2014)

b) Fouille

- Descendre dans le trou,
- à l'aide d'une barre-mine, creuser doucement la couche fossilifère à la recherche des restes fossiles,
- remonter les boues puis tamiser celles-ci pour trier les petits restes fossiles (Photo 3, page 11).



a



b

Fig. 6 : Ossement subfossile trouvé dans le trou (a) et tamisage des boues (b) (Rasoamiaramanana, 2016)

c) Nettoyage et emballage des fossiles

- Brosser et rincer les fossiles trouvés.
- les laisser séchés au soleil, les envelopper d'une essuie tout avant de les mettre dans des sachets plastiques et de les ramener au laboratoire.

2.2. Méthodes au laboratoire

a) Traitement et préparation des fossiles

- Sortir un à un les échantillons des sacs où ils sont contenus, les enlever de leur emballages et les déposer sur la table,
- codifier chaque matériel suivant le code : initiale du site (TSM pour Tsaramody)- année de fouille-N° de l'échantillon. Exemple : TSM-15-001,
- prendre en photos chaque échantillon pour archiver son état initial arrivé au laboratoire.
- dégager les fossiles de leur gangue pour pouvoir observer l'allure, la texture des fossiles afin de faciliter la détermination des taxons. Pour ce faire :
 - nettoyer les matériels avec une brosse en nylon pour enlever les sédiments mous et meubles
 - sur un oreiller de sable, à l'aide d'un marteau et d'un burin enlever les fragments de basaltes collés aux matériels. Puis, à l'aide de l'air compresseur, dégager les sédiments indurés qui emprisonnent les fossiles (figure 7, page 12),
 - en cas de casse, coller les morceaux avec du Paleobond.
- une fois les sédiments indurés dégagés, appliquer avec un pinceau la solution de VINAC sur la totalité de la surface du matériel afin de le raffermir et lui donner une brillance.



Légendes

- 1 : état initial du fossile arrivé au laboratoire
- 2 : dégagement mécanique des gangues sur le matériel
- 3 : état du fossile après nettoyage et dégagement des gangues

Fig. 7 : Etapes de préparation des fossiles

b) Attribution taxinomique

- Grouper les échantillons selon des critères définis et des caractères bien distincts :
 - ❖ Critères : suivant les fonctions biologiques des fossiles (exemple : locomotion, etc...)
 - ❖ Caractères des ossements: suivant la texture (lisse, rugueuse) et la forme des échantillons
- codifier chaque assemblage fossile selon leur morphologie et le numéro de chaque lot.
Exemple : morph-1,
- prendre des mensurations des ossements et les comparer avec celles prises sur le matériel dans la salle de collection (David Krause) et/ou des différents ouvrages scientifiques,
- sélectionner le matériel le plus représentatif (propre et préparé) de chaque paquet morphologique le prendre en photo, puis le dessiner.



Fig. 8: Groupements morphologiques (a) et représentants de chaque groupe (b)

Remarque :

L'attribution taxinomique se fait en se basant sur du matériel de comparaison présent au laboratoire (et à la salle de collection). Des ouvrages d'anatomie comparée et diverses publications ont été également consultés pour préciser les identifications.

2.3. Méthode taphonomique

Chaque matériel est examiné afin de détecter les témoins laissés par un prédateur et/ou un transport. Les différents horizons du trou, notamment la couche fossilifère, sont décrites sur le plan lithologique et textural.

2.4. Méthode paléoenvironnementale

Par l'étude des fonctions et caractères anatomiques des différents éléments de chaque groupe ainsi que par l'application du principe de l'actualisme, le mode de vie et l'écologie de ces espèces disparues sont déduites afin de proposer le paléoenvironnement du site.

III. Résultats

1. Coupe géologique du site

Dans le site d'Ankeniheny, des ossements d'oiseaux aquatiques actuels sont trouvés à l'intérieur de la couche de sol compact, nommé Niveau fossilifère n°2 (NF2). Les ossements de la faune subfossile se rencontrent dans la couche à basalte sous de travertin appelé Niveau fossilifère n°1 (NF1) (Fig. 9, page 15).

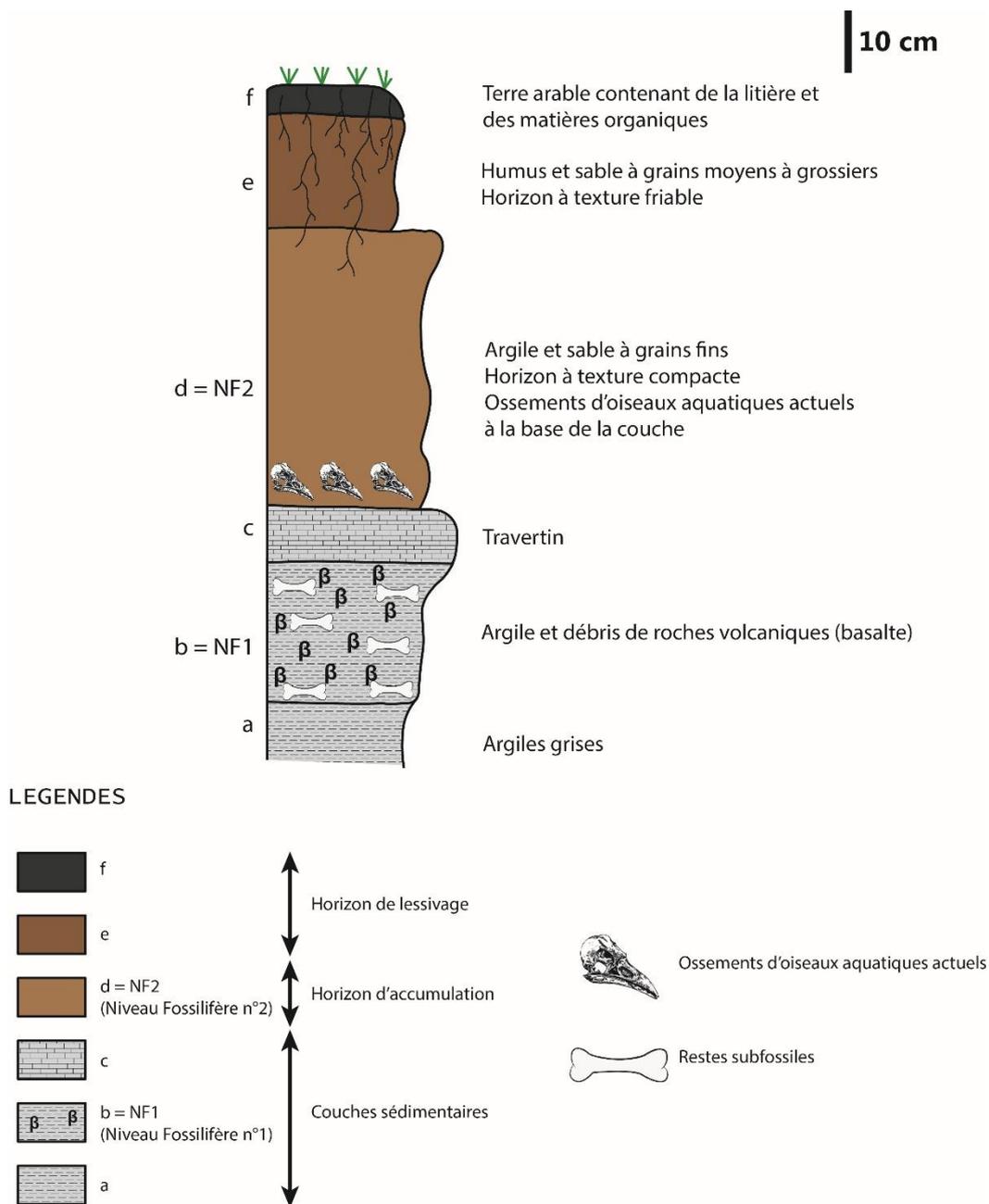


Fig. 9 : Coupe géologique du site d'étude

2. Identifications systématiques

Elle consiste à classifier les organismes dans les catégories taxinomiques suivants leurs ressemblances et leurs affinités.

2.1. NF1

2.1.1 TSM-15-028

Description

L'échantillon a une forme allongée qui montre trois couches différentes : la surface la plus externe est très fine et striée ; celle au milieu est mince et de couleur plus claire ; la plus interne et aussi, la plus épaisse est de couleur très sombre. Il a un côté légèrement bombé et un autre présentant une faible dépression. La face supérieure est une surface oblique antéropostérieurement ; la face dorsale est plus tranchante que la face ventrale.

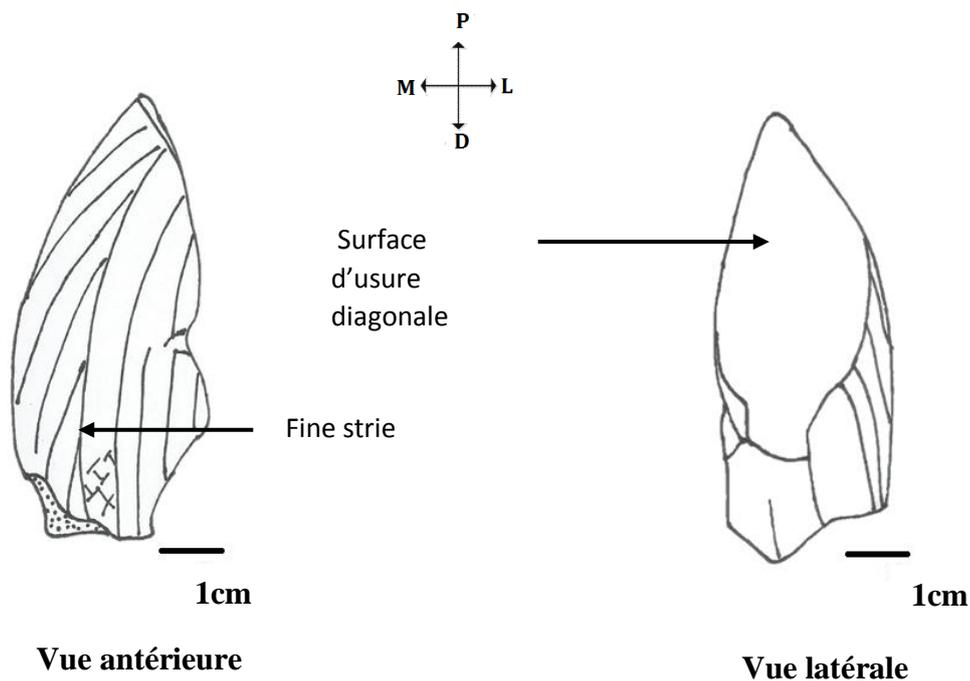


Fig. 10 : Schémas d'une dent du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

La structure et la texture de ce matériel correspondent à celle d'une dent. Sa dimension et sa forme coïncide avec celle d'une canine du genre *Hippopotamus*.

2.1.2 TSM-15-60

Description

Il s'agit d'un os de forme plus ou moins rectangulaire, massif. L'échantillon est complet, sans aucune cassure. Sa texture est lisse. Un petit trou se trouve au milieu de la face ventrale. La surface supérieure est une surface articulaire présentant une trochlée en son milieu. La face inférieure est aussi une surface articulaire séparée en deux par une fine crête, les deux surfaces n'étant pas sur un même niveau. Sur le côté postérieur, une petite dépression se trouve au-dessus d'un petit condyle à l'extrémité droite de l'os.

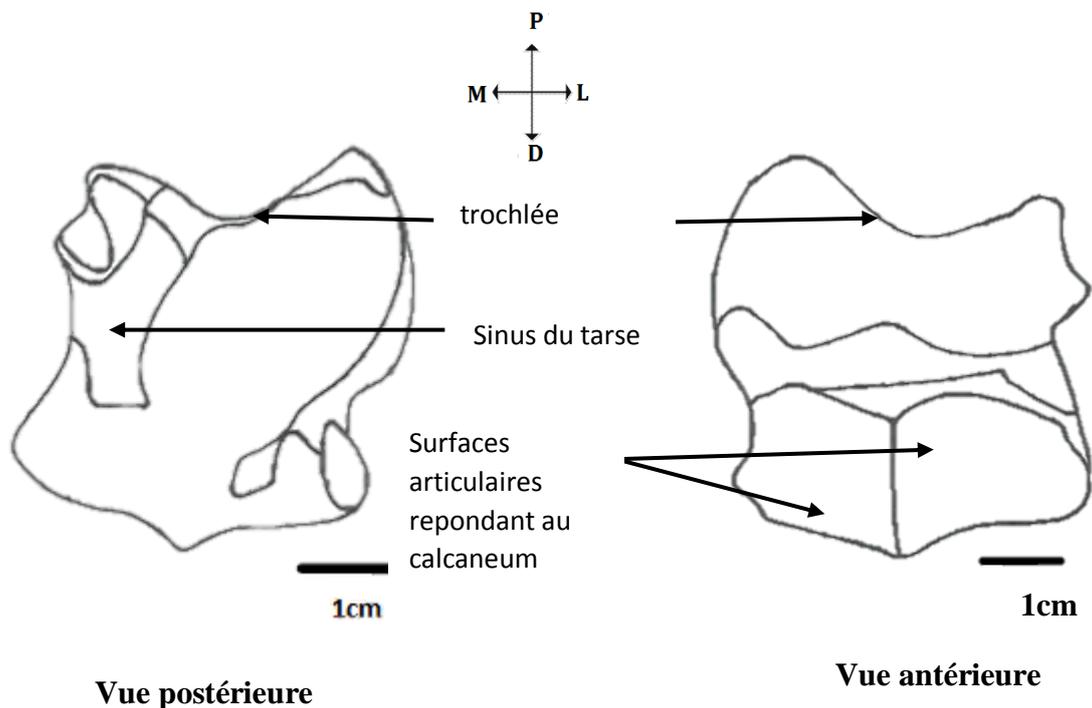


Fig. 11 : Schémas d'un talus du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

L'échantillon est un talus (= astragale) typique d'un mammifère artiodactyle, en l'occurrence le genre *Hippopotamus*.

2.1.3 TSM-15-014

Description

C'est un os allongé de 125.20 mm de long. Sa partie proximale présente une trochlée pas très profonde. Sur la face ventrale se trouve une crête parcourant la longueur de l'os. Toute sa

surface est très lisse. Sur le côté dorsal, dans la partie distale, se trouvent quatre surfaces articulaires :

- la première, la plus grande se dirige vers bas ;
- la deuxième, la plus petite, est un peu plus au-dessus de la dernière ;
- les deux dernières se trouvent à l'extrémité de l'os : l'une du côté interne et l'autre du côté externe.

Par la présence de ces surfaces d'articulations, la partie distale est plus élargie (46.28 mm contre 45.03 mm pour la largeur du bord proximal).

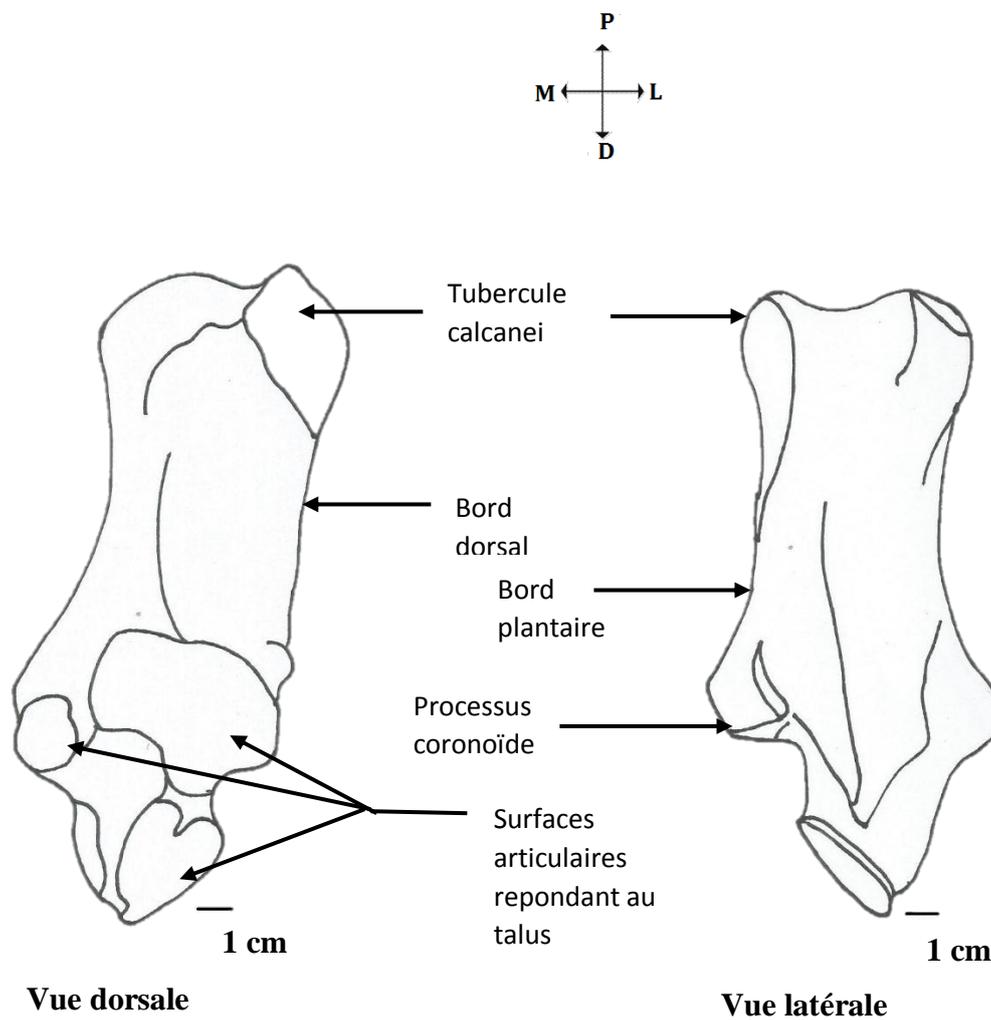


Fig. 12 : Schémas d'un calcanéum du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

Il s'agit ainsi d'un calcanéum du genre *Hippopotamus*.

2.14 TSM-15- 091

Description

C'est un os de 145.32mm de long. Il est plat, ne présentant que de fines stries comme ornementation. Les deux bouts sont cassés empêchant de voir les extrémités de l'os. Néanmoins il est observé que la largeur s'agrandit antéropostérieurement (allant de 28.33mm à 36. 78mm).

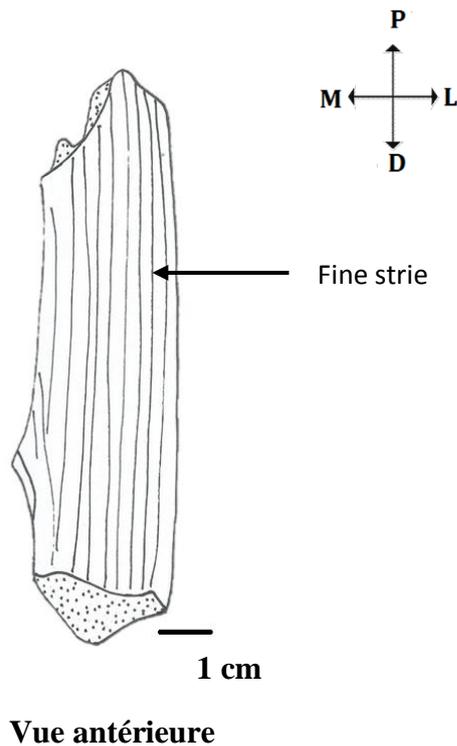


Fig. 13 : Schéma d'un côte du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

Il s'agit d'une côte. Sa forme et ses dimensions correspondent à celui du genre *Hippopotamus*

2.1.5 TSM-15-284

Description

C'est un os massif de 158.16mm de long. Sur la face ventrale, de l'intérieur vers l'extérieur, se distingue une surface plane. Une ouverture est observée à l'extrémité inférieure de l'os laissant apercevoir un étroit canal. Il est formé par quatre os soudés, les lignes de fusions sont visibles. Il présente deux rangées de trous parallèles de part et d'autre. Il se termine par deux flancs qui se rétrécissent progressivement du côté proximal vers le côté distal donnant ainsi une forme

triangulaire à son bord supérieur. Sur le côté dorsal, il est remarqué que les ailes sont terminées par de crêtes montantes.

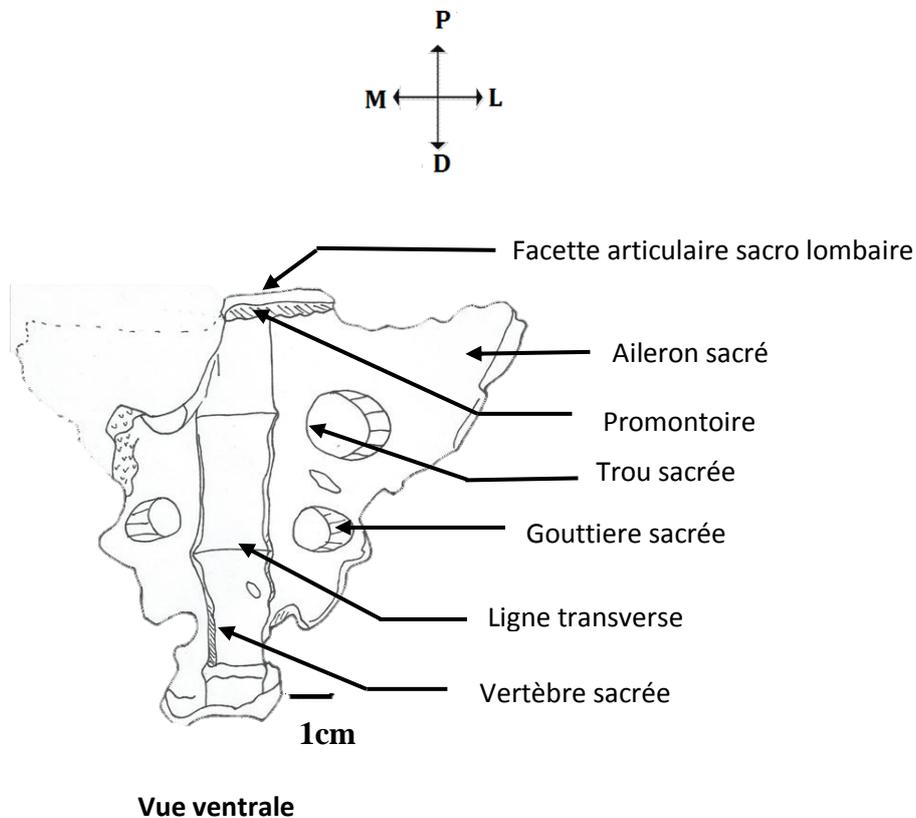


Fig. 14 : Schéma d'un sacrum du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est un sacrum du genre *Hippopotamus*

2.1.6 TSM-15-282

Description

C'est un os long de 274.96mm de long. Sur la face supérieure s'observe deux surfaces planes, (=plateaux), qui se prolongent par deux crêtes au milieu qui s'étendent aussi sur la face postérieure où elles s'additionnent de trois petites crêtes. Sur la face antérieure se trouve une crête très saillante et continue divisant cette surface ventrale en deux compartiments, elle se termine par une malléole sur le côté interne.

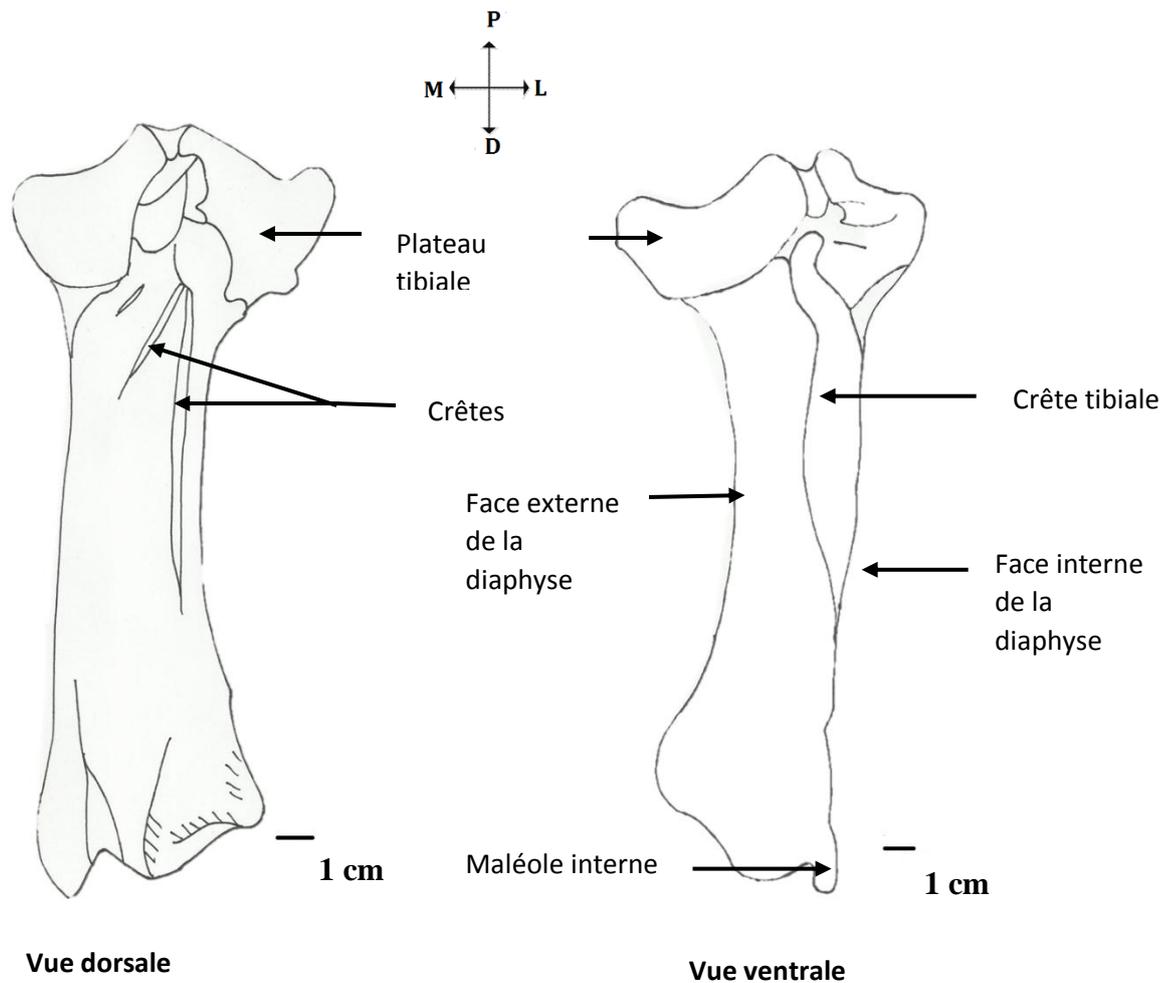


Fig. 15 : Schémas d'un tibia gauche du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est un tibia du genre *Hippopotamus*.

2.1.7 TSM-15-572

Description

C'est un os de 131.25mm de long. Sur la face supérieure, deux dents sont implantées dans des alvéoles et leurs surfaces occlusales sont en forme de trèfle. L'os est cassé des deux côtés. Néanmoins un développement antéropostérieure est très remarquable. La face externe est bombée tandis que celle l'interne est plus lisse et plate.

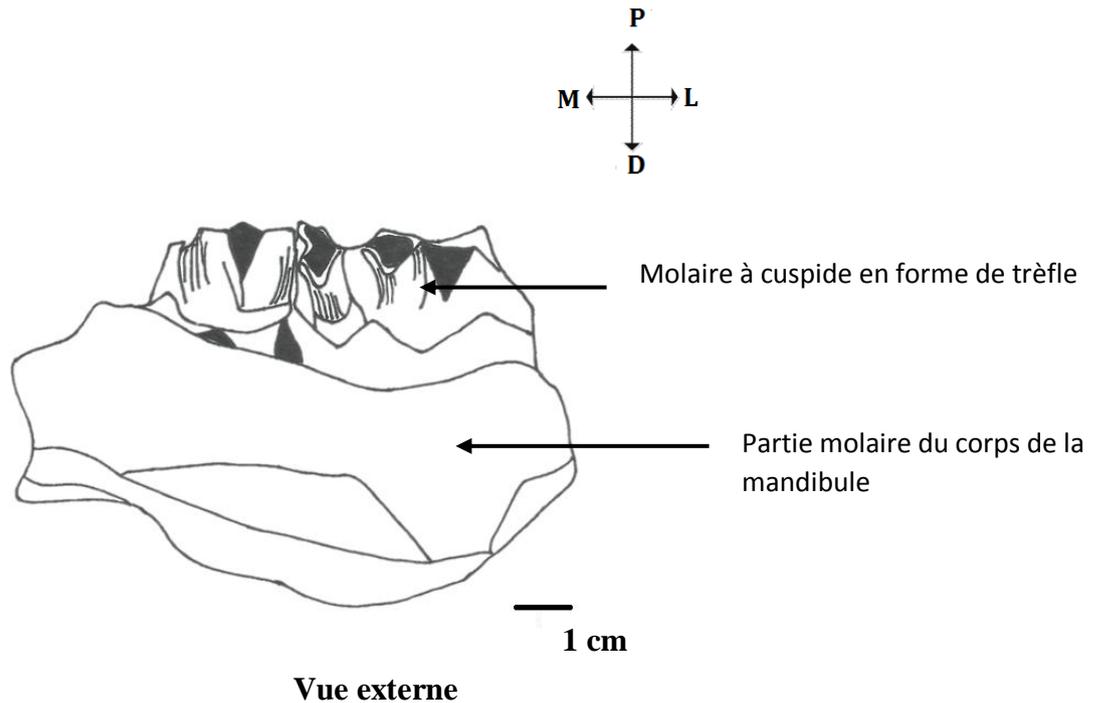


Fig. 16 : Schéma d'un fragment de mandibule du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est un fragment de mandibule comportant deux molaires, appartenant au genre *Hippopotamus*.

2.1.8 TSM-15-283 et TSM-15-285

Description

TSM-15-283 et TSM-15-285 sont deux bouts d'un même os collés l'un à l'autre, et ne forment plus qu'un seul dont la longueur totale est de 340.42 mm. L'échantillon est lisse et le bord proximal est moins développé que le bord distal. Il se termine par deux condyles proéminents séparés par une trochlée sur la face antérieure, et par les prolongements de ceux-ci ; le condyle gauche est plus prononcé que le droit, sur la face postérieure.

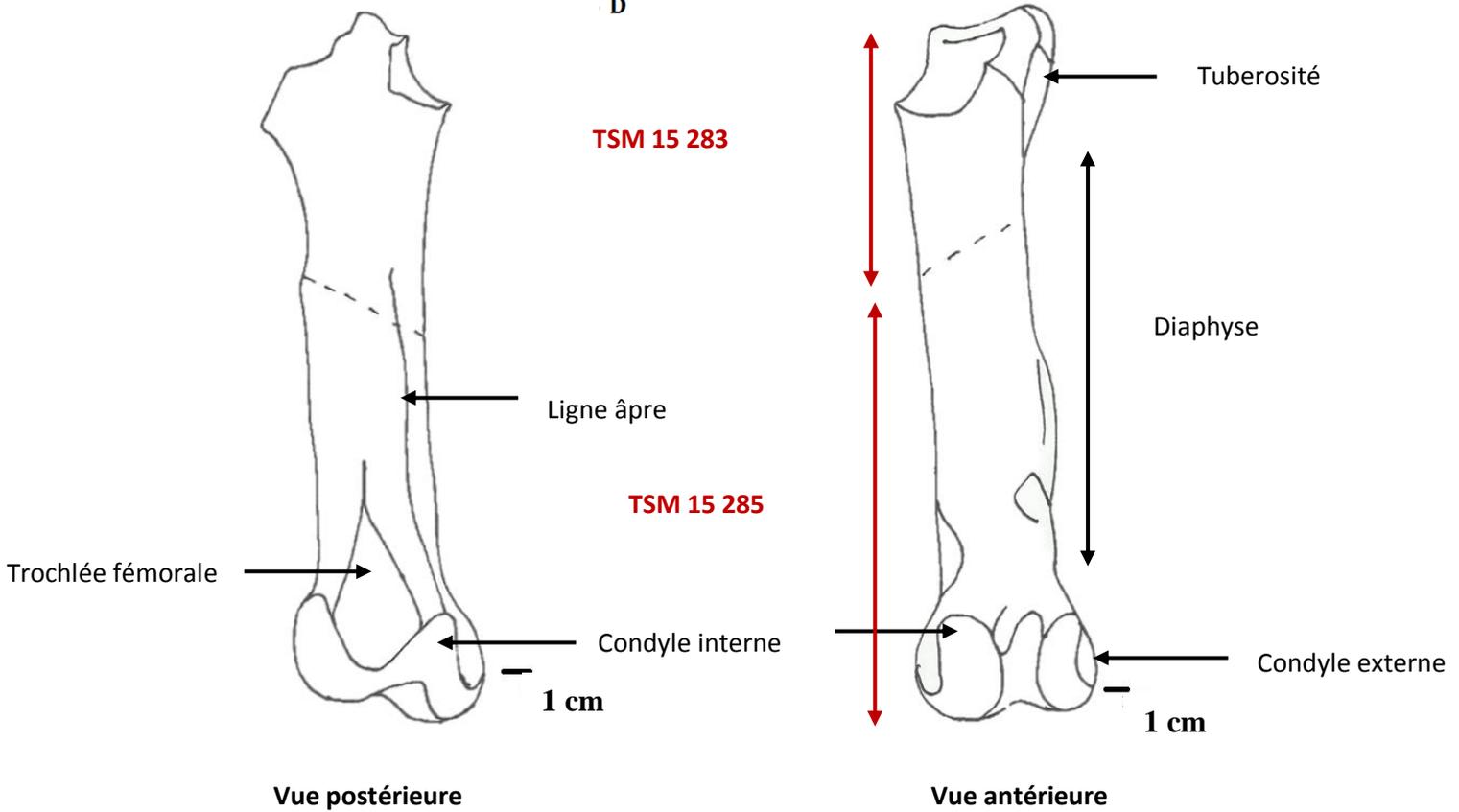
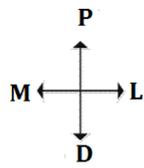


Fig. 17 : Schémas d'un fémur droit du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

Il s'agit d'un fémur. Sa massivité ainsi que sa structure permet de l'attribuer au genre *Hippopotamus*

2.1.9 TSM-15-098

Description

C'est un os présentant deux faces plates et parallèles. Sur chacun des deux côtés supérieurs se trouvent une petite surface d'insertion musculaire. De là le corps se rétrécit et se prolonge en deux « ailes » ou apophyses qui se rejoignent, laissant ainsi un trou en son milieu.

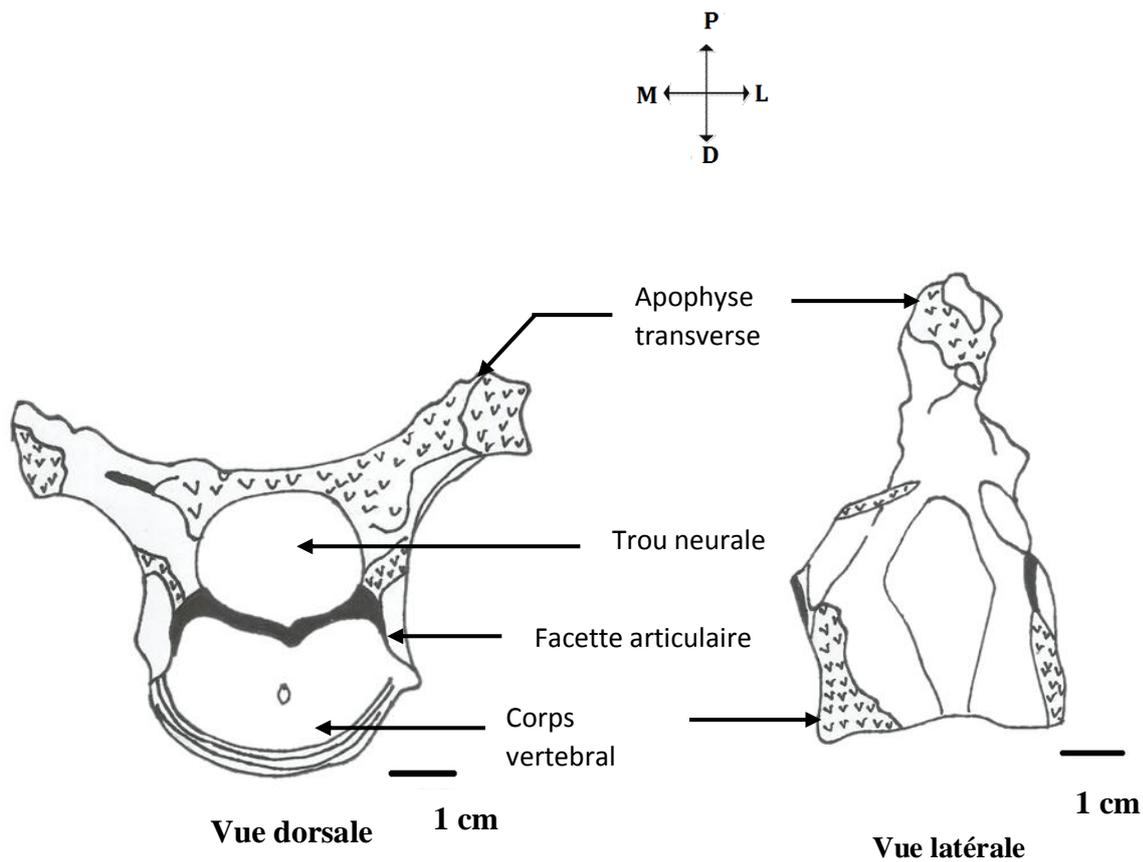


Fig. 18 : Schémas d'une vertèbre du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est une vertèbre dont le corps vertébral est à deux plans parallèles ou biplan: morphologie caractéristique des Mammifères. Par sa massivité, il appartient au genre *Hippopotamus*.

2.1.10 TSM-15-100

Description

C'est un os ayant une forme plus ou moins triangulaire très caractéristique. Il présente une face lisse et une autre avec une crête à partir de laquelle, vers la partie inférieure, l'os est plus rugueux. L'os a une extrémité pointue et s'élargit vers l'autre extrémité. La face supérieure présente une crête en forme d'arc dont la hauteur diminue de la droite vers la gauche. La face inférieure est plus élargie mais se rétrécit du gauche vers la droite.

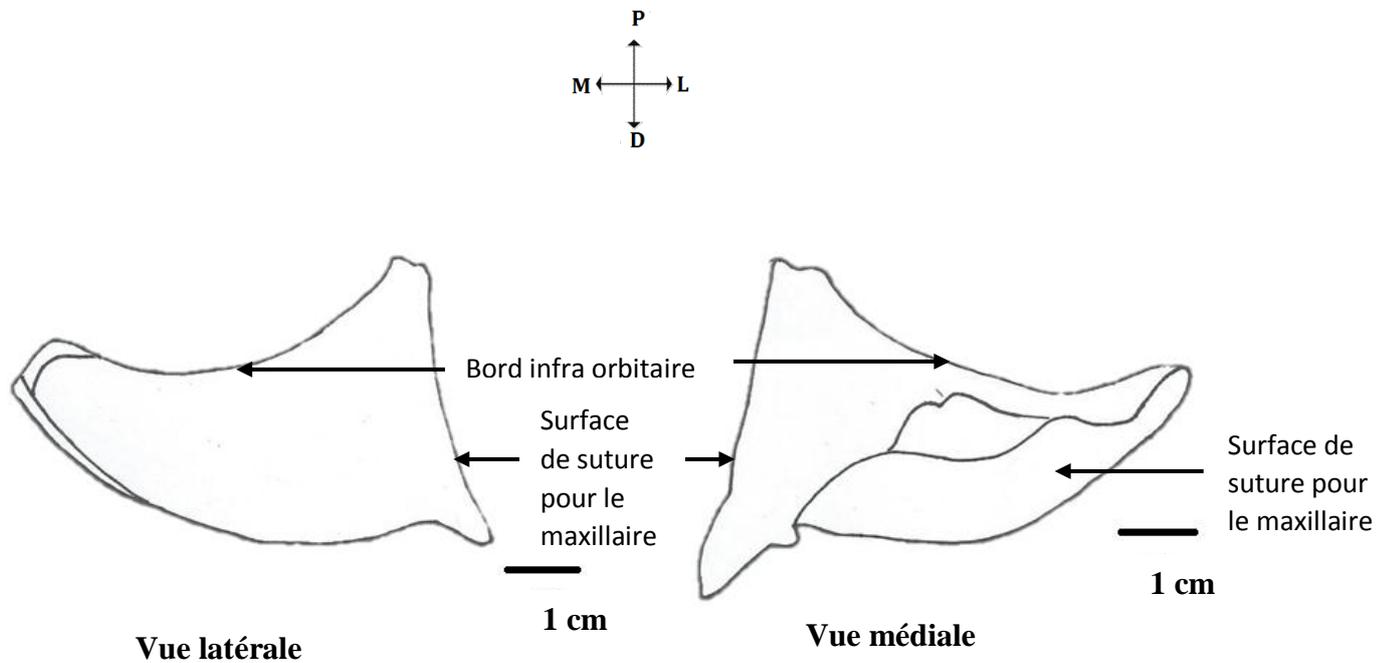


Fig. 19 : Schémas d'un os zygomatique du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est un os zygomatique du genre *Hippopotamus*

2.1.11 TSM-15-68

Description

C'est un os de 70.04 mm de longueur. Il a un aspect lisse, avec les deux extrémités cassées. L'os a une forme arquée et se rétrécit en son milieu.

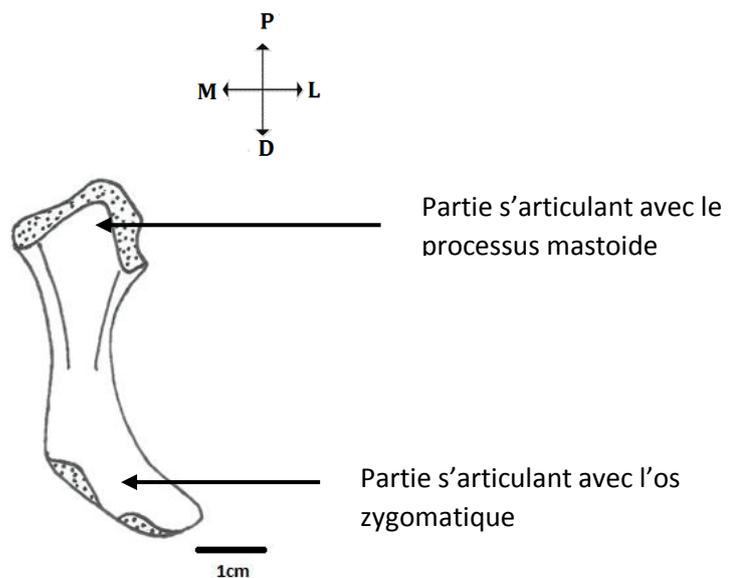


Fig. 20 : Schéma d'une arcade zygomatique du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est une arcade zygomatique du genre *Hippopotamus*

2.1.12 TSM-15-552

Description

C'est un os allongé à aspect lisse. Il est terminé à son extrémité proximale par un condyle et à son extrémité distale par un plateau qui est une surface d'articulation. En vue latérale, se trouvent quatre petites surfaces d'articulations s'organisant en deux rangées tandis que sur le côté interne, elles se continuent vers la face ventrale.

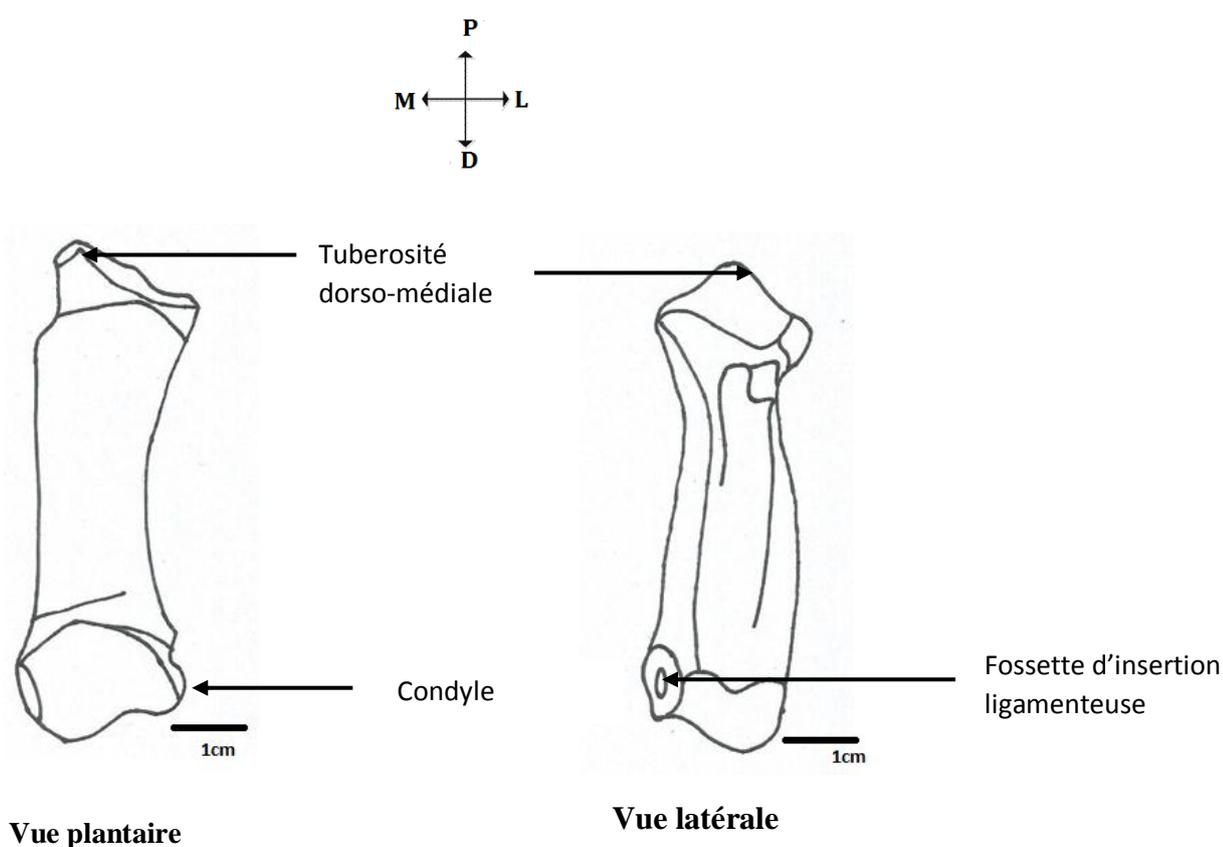


Fig. 21 : Schémas d'un métatarse du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

Il s'agit d'un métatarse du genre *Hippopotamus*.

2.1.13 TSM-15-568

C'est un os ayant une forme plus ou moins carrée. Il est petit mais massif. La face ventrale est faiblement bombée et la face dorsale est plate. L'extrémité supérieure est formée par deux

condyles ainsi qu'une surface intercondylienne moyennement marquée. L'extrémité inférieure de l'os est un plateau d'articulation.

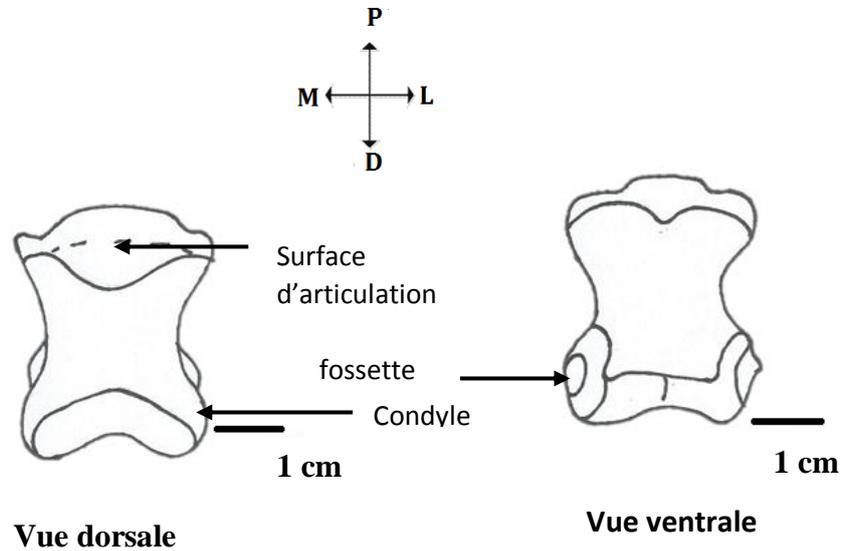


Fig. 22 : Schémas d'une phalange du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est une phalange intermédiaire du genre *Hippopotamus*.

2.1.14 TSM-15-281

Description

C'est un fragment d'os très plat. Le bord supérieur est plus épais : formant une crête

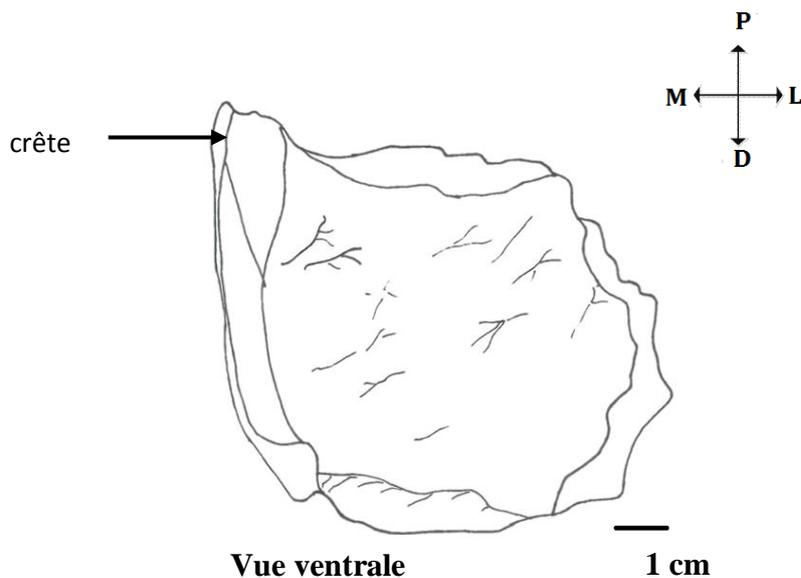


Fig. 23 : Schéma d'un fragment d'ilion du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est un fragment d'un ilion. La taille et la forme plate correspondent à celui du genre *Hippopotamus*

Classification 1

Règne : ANIMALIA Linnaeus 1735

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck 1801

Classe : MAMMALIA Linné 1766

Ordre : ARTIODACTYLA Owen, 1848

Famille: SUIFORMES Jaeckel 1911

Genre: *Hippopotamus* Linnaeus 1758

2.1.15 TSM-15-033

Description

L'échantillon est en forme de tube de couleur marron claire. Il a un aspect lisse, sans aucune ornementation. Il se termine en surface oblique.

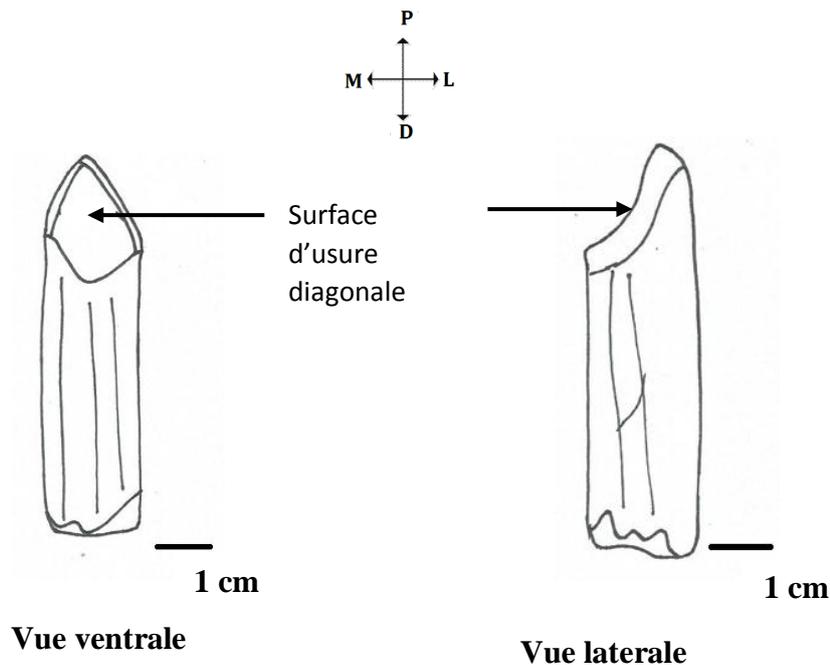


Fig. 24 : Schémas d'une incisive du genre *Hippopotamus*

Attribution taxinomique

C'est une dent. Plus précisément une incisive d'un Hippopotame. La surface diagonale est la surface d'usure de la dent, typique de l'espèce *Hippopotamus lemerlei*

Classification 1'

Règne : ANIMALIA Linnaeus 1735

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck 1801

Classe : MAMMALIA Linné 1766

Ordre : ARTIODACTYLA Owen 1848

Famille: SUIFORMES Jaeckel 1911

Genre: *Hippopotamus* Linnaeus 1758

Espèce: *lemerlei* Grandidieri and Filhol 1902

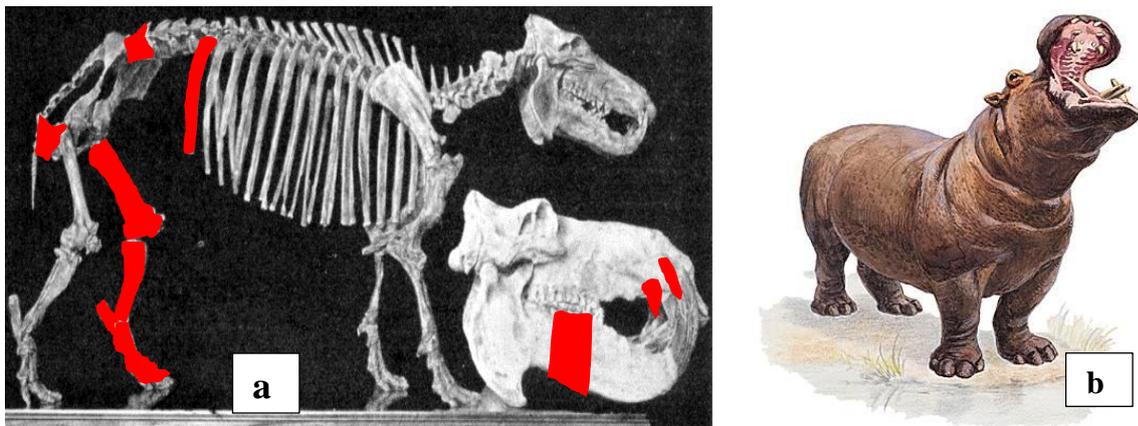
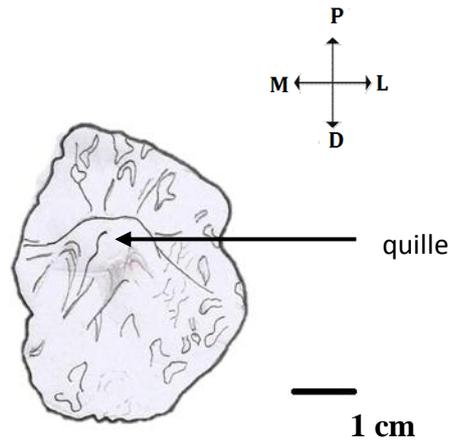


Fig. 25 : Emplacement des éléments étudiés (a) et reconstitution du genre *Hippopotamus* (b)

2.1.16 TSM-15- 331

Description

C'est un matériel complet limité par des sutures sur tous ses contours. La face dorsale est très rugueuse, avec une protubérance longitudinale au milieu. L'autre face est légèrement lisse, mais avec une texture en forme de natte.



Vue supérieure

Fig. 26 : Schéma d'un osteoderme dorsal d'un Crocodylidae

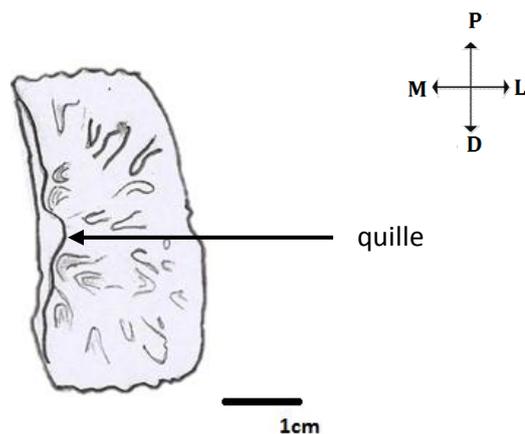
Attribution taxinomique

Il s'agit d'un ostéoderme de Crocodylidae. La présence de la protubérance caractéristique appelée « quille », ainsi que son épaisseur, permettent de dire qu'elle est placée sur le dos de l'animal.

2.1.17 TSM-15-314

Description

L'échantillon est de faible épaisseur, terminé par des sutures sur son contour. Sa forme est plus ou moins quadrangulaire. La face ventrale est faiblement rugueuse, sur cette face s'observe aussi une protubérance pas très prononcée. La face ventrale est lisse.



Vue supérieure

Fig. 27 : Schéma d'un osteoderme de Crocodylidae

Attribution

Il s'agit d'un ostéoderme. La quille basse, avec une épaisseur fine ainsi que sa forme suggère qu'elle se localise sur les côtés de l'animal.

2.1.18 TSM-15-579

Description

C'est un échantillon de 34.62mm de long qui se subdivise en deux parties séparées par un étranglement et de couleurs différentes :

- la partie inférieure est de couleur marron claire,
- la partie supérieure est pointue et de couleur brune.

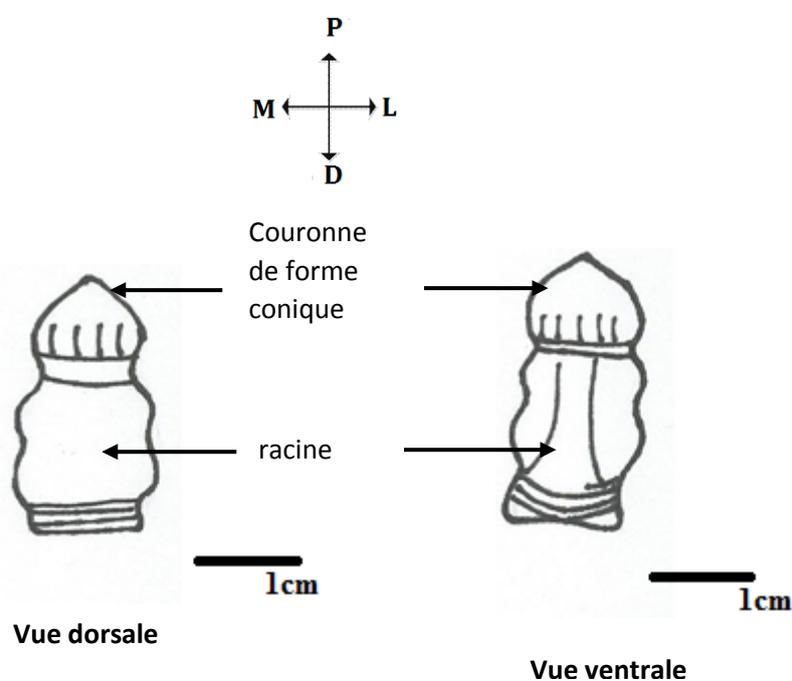


Fig. 28 : Schémas d'une dent d'un Crocodylidae

Attribution taxinomique

Il s'agit d'une dent thécodonte, dont la partie supérieure est la couronne et la partie inférieure est la racine.

Sa forme pointue suggère qu'il s'agit d'une dent de Crocodylidae.

2.1.19 TSM-15-188

Description

C'est un os allongé. Les deux bouts sont parfaitement parallèles. Il est aussi plus ou moins aplati même si la face ventrale est légèrement bombée par rapport à la face dorsale, celle-ci présentant une fine crête parallèle aux deux bords de l'os.

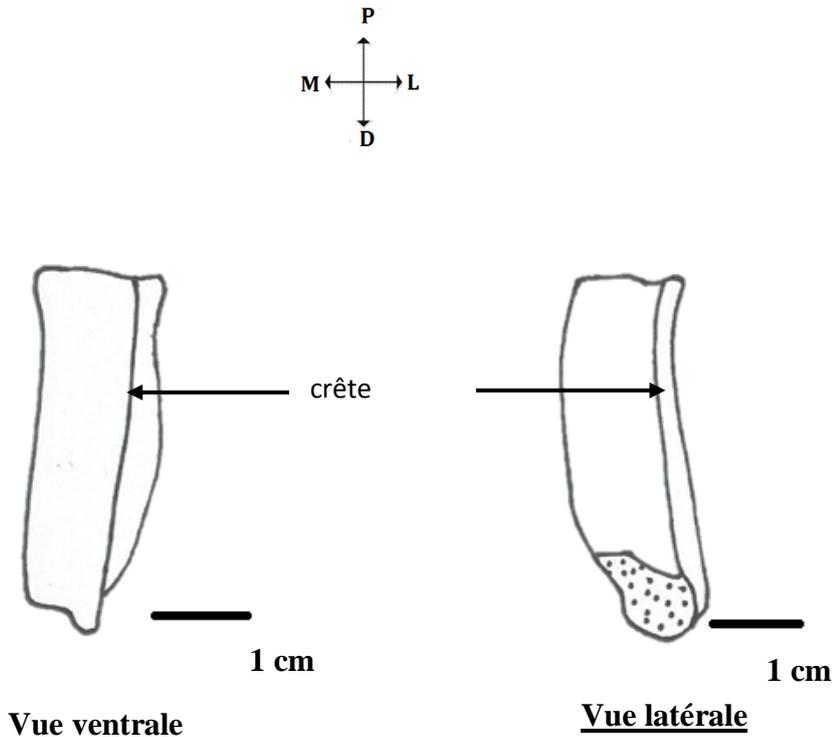


Fig. 29 : Schémas d'une côte d'un Crocodylidae

Attribution taxinomique

C'est un fragment de côte. Sa forme et ses dimensions correspondent à ceux de la Famille des Crocodylides.

Classification 2

Règne : ANIMALIA Linnaeus 1735

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck 1801

Classe : SAUROPSIDA Huxley 1864

Ordre : CROCODYLIFORMES Benton and Clarck 1988

Famille: CROCODYLIDAE Cuvier 1807

2.1.20 TSM-15-095

Description

C'est un os de forme allongée. Suivant la longueur, l'un des deux côté est droite tandis que l'autre est légèrement arqué. Sur la face dorsale se trouve une proéminence très marquée : une crête, et des stries qui servent d'ornementation. La face ventrale est aplatie, et ornementée par des fines rayures.

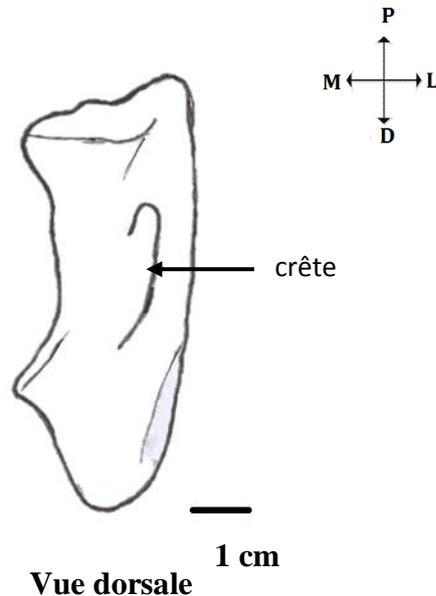


Fig. 30 : Schémas de l'os carré de l'espèce *Voay robustus*

Attribution taxinomique

Le bord distal a une forme angulaire très caractéristique de l'os carré: Celui d'un Crocodylidae. La position du bord arquée : interne, et l'angle du bord distal du carré permet de l'orienter. Il s'agit donc d'un carré droit, attribué à l'espèce *Voay robustus*

2.1.21 TSM-15-027

Description

Toute la surface de l'os est lisse. Il a un aspect aliforme avec le bord externe recourbé et large et le bord interne plus rétréci et cassé. La face ventrale présente deux concavités assez profondes séparées par un léger soulèvement de l'os. Sur la face dorsale, il se termine par une crête, visiblement cassé.

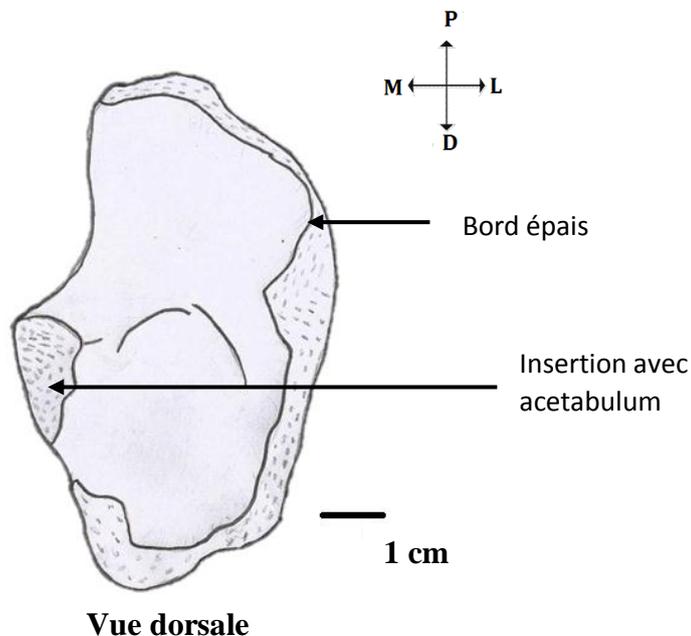


Fig. 31 : Schémas d'un ilion de l'espèce *Voay robustus*

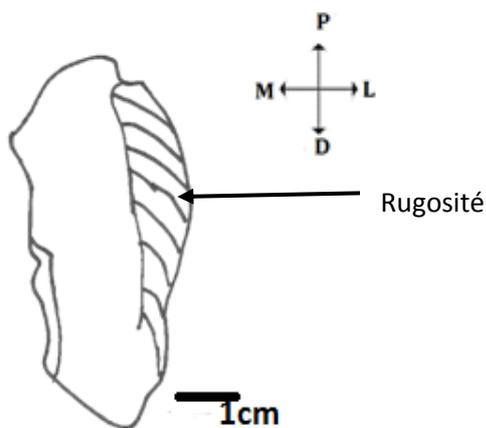
Attribution taxinomique

La forme et la structure de l'os caractérise l'ilion d'un Crocodylidae, et son orientation permet de dire que c'est un ilion droit. L'absence de la constriction dorsale et par la comparaison de cet os avec celui décrit par Brochu en 2007, permettent de supposer qu'il appartient à l'espèce *Voay robustus*.

2.1.22 TSM-15-17

Description

C'est un os à aspect plus ou moins rugueux. La face dorsale est plus aplatie avec une limite externe très saillante. La face latérale se rétrécit du haut et vers le bas



Vue ventrale

Fig. 32 : Schéma d'une ptérygoïde de l'espèce *Voay robustus*

Attribution taxinomique

C'est un fragment de ptérygoïde typique de l'espèce *Voay robustus*.

2.1.23 TSM-15-55

Description

C'est un petit fragment d'os de 60.62 mm de long. Sa surface externe est très rugueuse et sa face interne lisse.

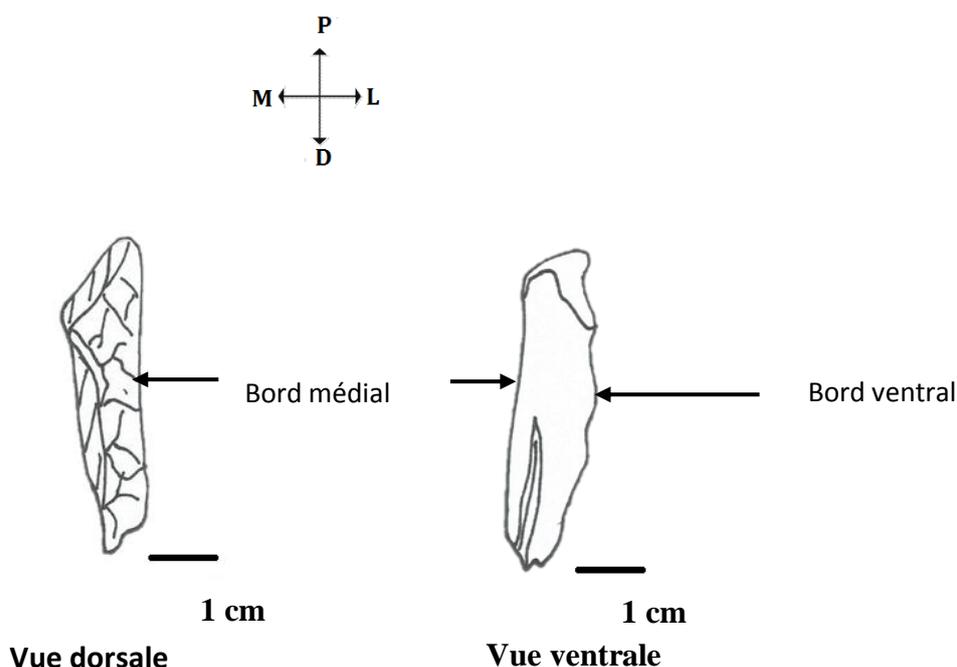


Fig. 33 : Schémas d'un nasal de l'espèce *Voay robustus*

Attribution taxinomique

Les rugosités observées sont caractéristiques des os du crâne de Crocodiles, et après comparaison avec les crânes de Crocodiles présents dans la salle de collection David Krause, il est supposé que l'échantillon appartient à l'espèce *Voay robustus*.

2.1.24 TSM-15-586'

Description

C'est un os avec une texture rugueuse sur la face dorsale, le rebord est légèrement évasé de part et d'autre d'un axe de symétrie ; il est terminé postéroantérieurement par un petit prolongement. L'échantillon est une pièce complète, il est limité de tous les côtés par des lignes de sutures. Sur la face ventrale, la texture est lisse, traversé au milieu par un canal.

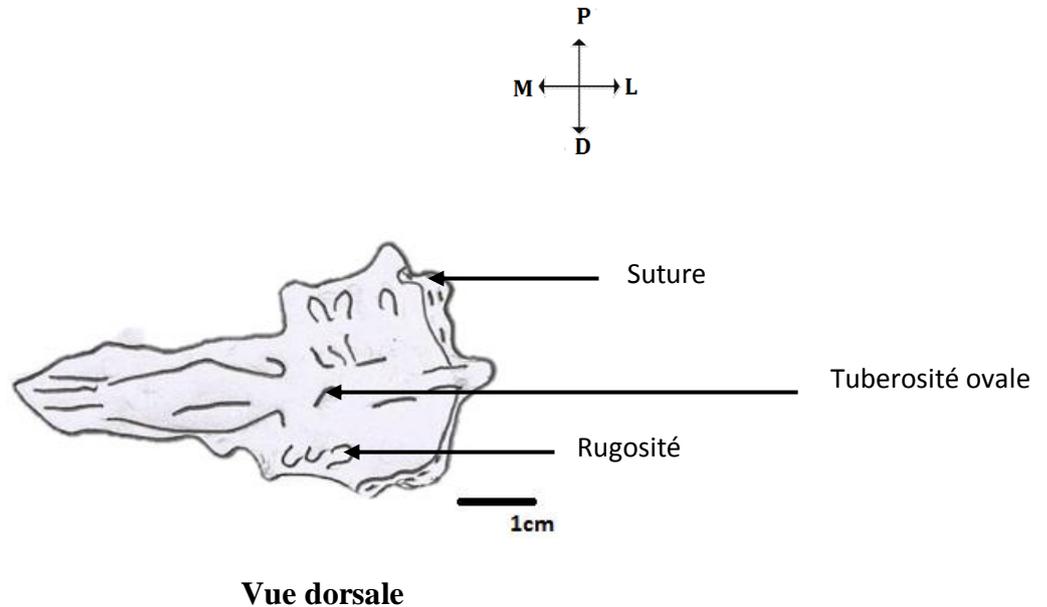


Fig. 34 : Schéma d'un os frontal du genre *Voay robustus*

Attribution taxinomique

Il s'agit d'un os frontal de Crocodylidae, la présence de tubérosités ovales permet de proposer que cet os appartient à l'espèce *Voay robustus* (Brochu, 2006).

Classification 2'

Règne : ANIMALIA Linnaeus 1735

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck 1801

Classe : SAUROPSIDA Huxley 1864

Ordre : CROCODYLIFORMES Benton and Clarck 1988

Famille: CROCODYLIDAE Cuvier 1807

Genre: *Voay* Brochu 2007

Espèce: *robustus* Brochu 2007

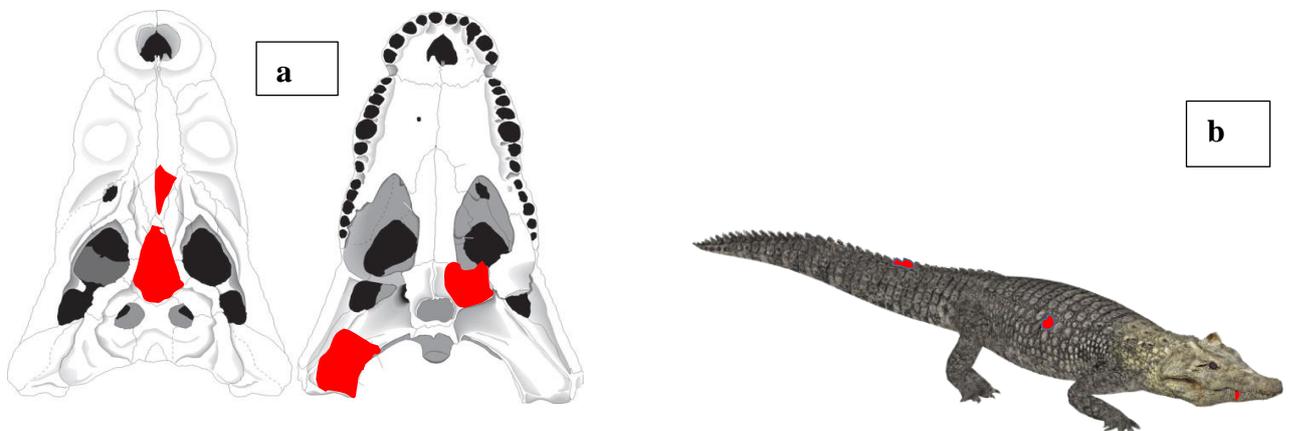


Fig. 35 : Emplacement des éléments crâniens étudiés (a), reconstitution de l'espèce *Voay robustus* (b)

2.1.25 TSM-15-099

Description

C'est un fragment d'os de 113.12mm de long. Il est aplati dorsoventralement et évasé (largeur allant de 59.30mm à 113.22mm). Certaines parties sont cassées et la pneumatisation de l'os est visible. Il se termine par trois condyles très caractéristiques séparés par deux étroits canaux. Le condyle extérieur est petit, celui du milieu est le plus grand et le condyle intérieur est le plus court.

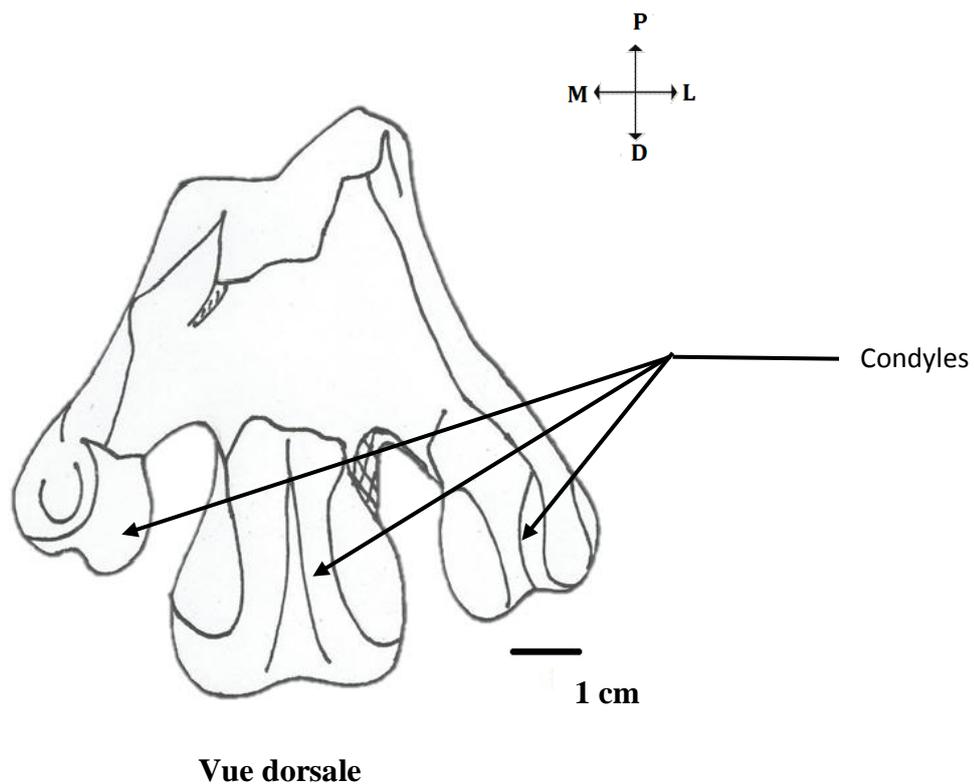


Fig. 36 : Schéma de la partie distale d'un tarsometatarse du genre *Aepyornis*

Attribution taxinomique

C'est la partie distale d'un tarsométatarse du genre *Aepyornis*.

2.1.26 TSM-15-259

Description

Il s'agit d'un ossement de 87.31mm de long. Il est cassé sur les deux côtés laissant apparaître la texture pneumatisée de l'os caractéristique des oiseaux. Il a une forme plus ou moins triangulaire ; la partie distale est plus large que la partie proximale. Du côté ventral, on observe

un sillon vertical suivant la longueur de l'os et du côté dorsal, une tubérosité qui s'évase en allant du haut vers le bas. La face inférieure présente deux surfaces d'articulations.

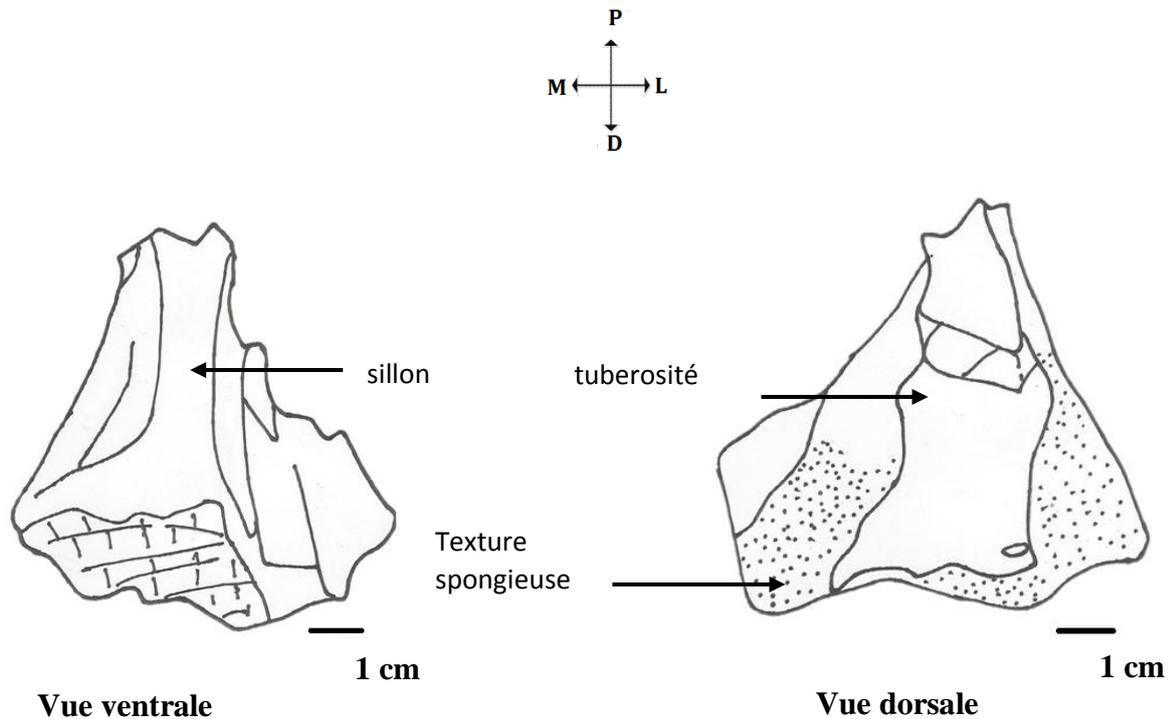


Fig. 37 : Schémas de la partie proximale d'un tarsometatarse du genre *Aepyornis*

Attribution taxinomique

C'est la partie proximale de tarsométatarse d'un oiseau, et sa taille correspond au genre *Aepyornis*.

2.1.27 Classification 3

Règne : ANIMALIA Linnaeus 1735

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck 1801

Classe : AVES Linnaeus 1978

Ordre : AEPIORNITHIFORMES Newton 1884

Famille: AEPIORNITHIDAE Bonaparte 1853

Genre: *Aepyornis* Geoffroy Saint Hillaire 1851

2.1.28 TSM-15-255

Description

C'est un os de 241.93mm de long. Il présente un trochanter très développé qui fait saillie en avant avec deux condyles inégaux: l'externe l'emporte sur l'interne ce qui indique une forte obliquité de l'os. Sur l'extrémité proximale, l'os présente un prolongement presque sphérique. Sur la face antérieure se voit, en haut, une ligne rugueuse longitudinale; et une autre ligne fine, qui lui est à peu près parallèle, plus interne. A côté de la ligne médiane et au milieu de la diaphyse se trouve le trou nourricier de l'os. La face externe de l'extrémité condylienne est légèrement excavée, tandis que la face interne est presque plane.

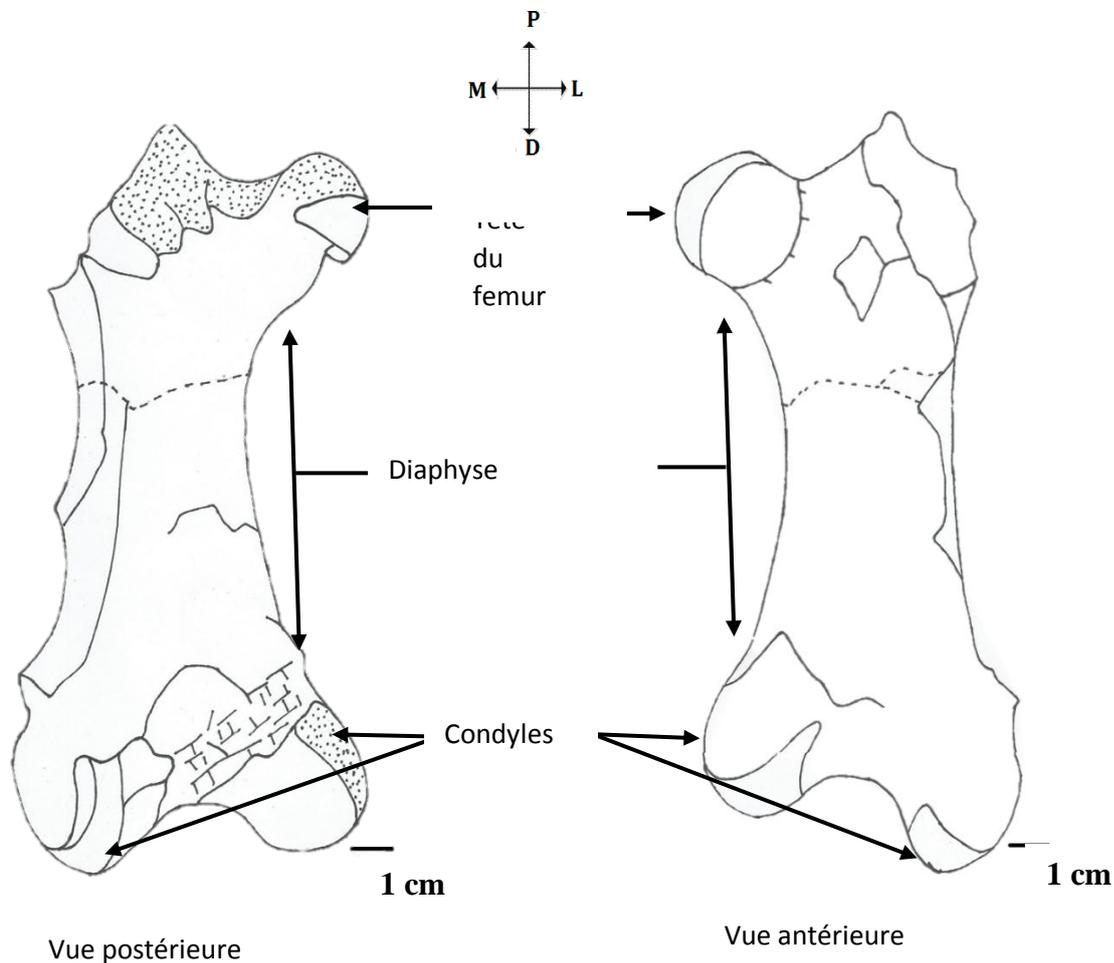


Fig. 38 : Schémas d'un fémur de l'espèce *Aepyornis hildebrandti*

Attribution taxinomique

L'os est un fémur. Par sa forte pneumatisation et sa taille, il est supposé qu'il appartient au genre *Aepyornis*. D'après la comparaison des mesures prises sur ce matériel avec l'article de Monnier 1983, il s'agit de l'espèce *Aepyornis hildebrandti*.

Classification 3'

Règne : ANIMALIA Linnaeus 1735

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck 1801

Classe : AVES Linnaeus 1758

Ordre : AEPIORNITHIFORMES Newton 1884

Famille: AEPIORNITHIDAE Bonaparte 1853

Genre: *Aepyornis* Geoffroy Saint Hillaire 1851

Espèce: *hildebrandti* Burckhaedt 1893



Fig. 39 : Emplacements des éléments étudiés (a), reconstitution du genre *Aepyornis* (b)

2.1.29 TSM-15-022

Description

C'est un os de 108.69mm de longueur. Les deux extrémités présentent de fraîches cassures : ceci suggère que celles-ci sont contemporaines à la collecte de l'échantillon. L'os s'affine dans sa partie distale. Sur la face ventrale se trouve une crête très marquée et une petite trace de fracture non continue. La cassure laisse apercevoir la texture pneumatisée de l'os. En observant

la surface de cassure, on distingue deux couches distinctes : la plus externe de couleur claire, et la deuxième au centre plus sombre, formée de grain de quartz cimenté entre eux (c'est la moelle osseuse minéralisée).

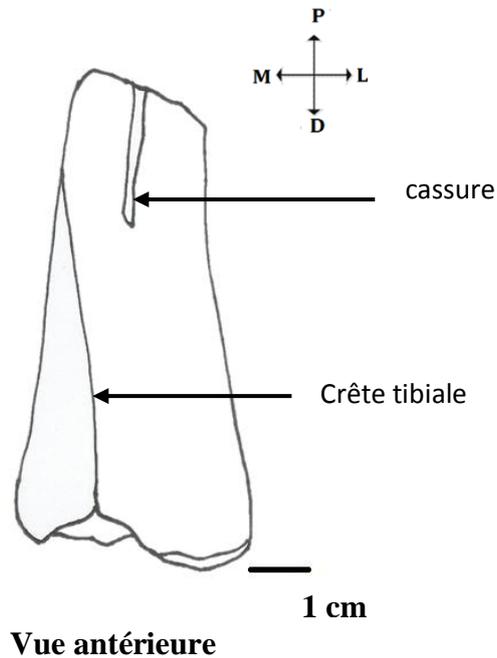


Fig. 40 : Schéma d'un fragment d'un tibiotarse du genre *Mullerornis*

Attribution taxinomique

Il s'agit d'un fragment de tibia du genre *Mullerornis*.

Classification 4

Règne : ANIMALIA Linnaeus 1735

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck 1801

Classe : AVES Linnaeus 1758

Ordre : AEPIORNITHIFORMES Newton 1884

Famille: AEPIORNITHIDAE Bonaparte 1853

Genre: *Mullerornis* Milne-Edwards & Grandidier 1894

2.1.30 TSM-15-561

Description

C'est un os avec une forme très typique. Il est issu de la fusion de plusieurs os. En vue inférieure, il est traversé par un canal. La surface latérale montre une « ondulation » car l'os se rétrécit puis s'élargit ; le début de l'élargissement est traduit par deux protubérances parallèles de part et d'autre d'une crête longitudinale très saillante au milieu de la face supérieure.

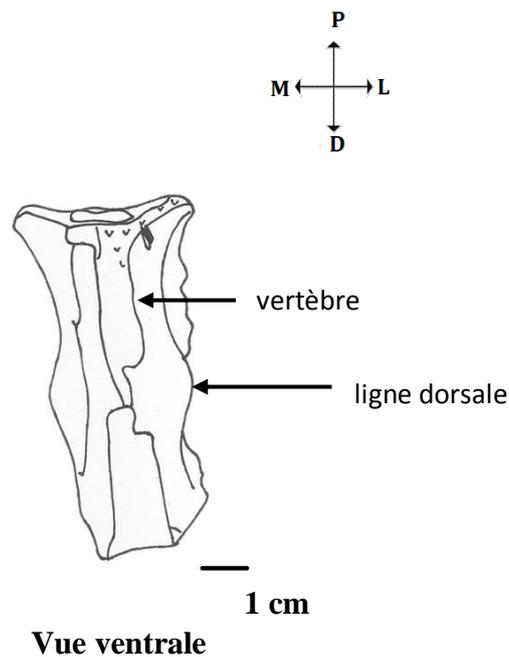


Fig. 41 : Schéma des vertèbres d'un Testudinidae

Attribution taxinomique

Il s'agit de plusieurs vertèbres fusionnées caractéristique des tortues.

Classification 5

Règne : ANIMALIA Linnaeus 1735

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck 1801

Classe : SAUROPSIDA

Famille: TESTUDINIDAE



Fig. 42: Emplacement de l'élément étudié

2.1.31 TSM-15- 254

Description

L'échantillon n'a pas de forme bien déterminée, elle est fracturée des quatre côtés. Les deux faces sont très plates avec une épaisseur de 13.50mm. Une face est plus rugueuse avec des lignes entrecroisées tandis que l'autre face est plus lisse mais avec des échancrures.

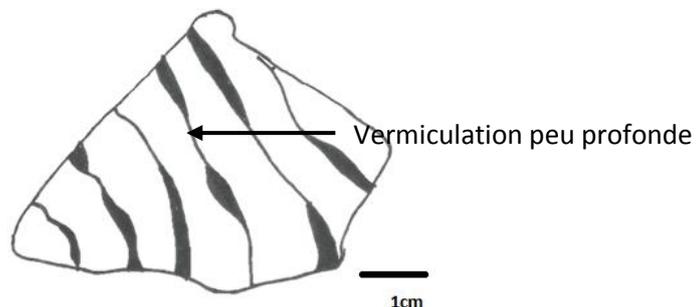
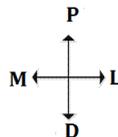


Fig. 43 : Schéma d'une plaque dermique du genre *Aldabrachelys*

Attribution taxinomique

C'est une plaque dermique de tortue, et par son épaisseur, il s'agit d'une tortue géante.

Classification 5'

Règne : ANIMALIA Linnaeus

Embranchement : VERTEBRATA Lamarck

Classe : SAUROPSIDA

Famille: TESTUDINIDAE

Genre: *Aldabrachelys*



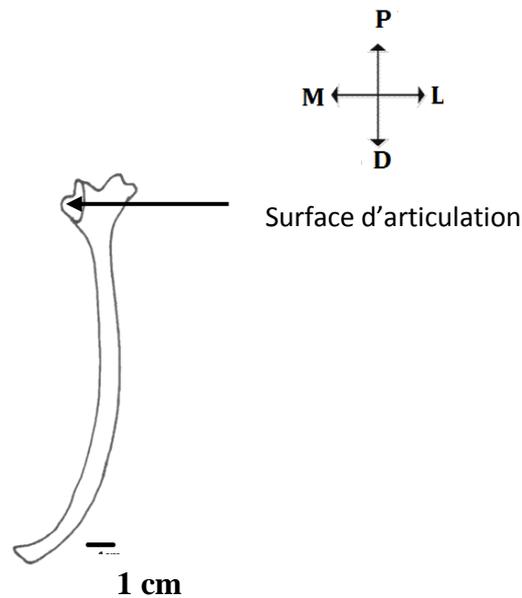
Figure 44 Emplacement de l'élément étudié

2.2. NF2

2.1.32 TSM-15-240

Description

C'est un os complet, fin et plat. Il est légèrement recourbé dans sa partie distale et présente une surface d'articulation sur l'extrémité proximale.



Vue ventrale

Fig. 45 : Schéma d'un scapula de l'espèce *Egretta alba*

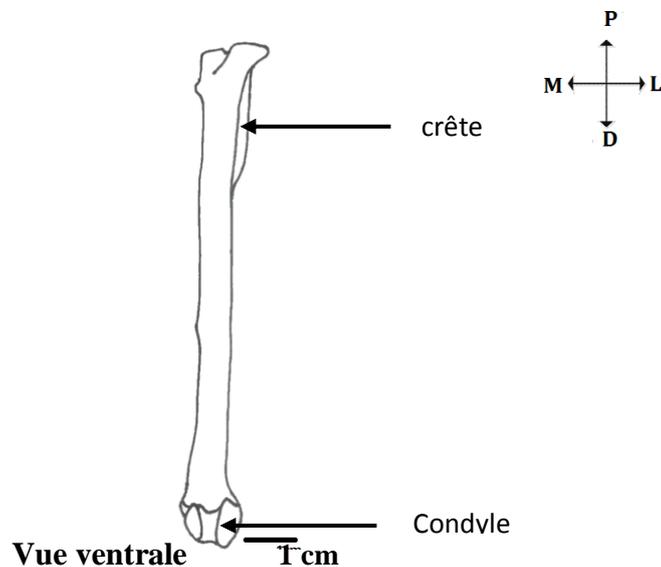
Attribution taxinomique

C'est un scapula d'un petit oiseau, et après comparaison avec la collection des ossements d'oiseaux du laboratoire de Primatologie et de Paléontologie des vertébrés, il est identifié appartenant à l'espèce *Egretta alba*

2.1.33 TSM-15-239

Description

C'est os long, sa partie proximale est prolongée latéralement par une crête et son extrémité est cassée. La diaphyse est plus ou moins plate en avant et traversé par une crête au milieu posté du côté postérieur. Il se termine par deux condyles inégaux. Sur la face ventrale, l'os se termine deux condyles inégaux qui se continuent sur le côté dorsale.



Vue ventrale

Fig. 46 : Schéma d'un tibiotalarse de l'espèce *Egretta alba*

Attribution

C'est un tibiotarse, et après comparaison avec la collection des ossements d'oiseaux du laboratoire de Primatologie et de Paléontologie des vertébrés, il appartient à l'espèce *Egretta alba*

Classification 6

Règne : ANIMALIA

Embranchement : VERTEBRATA

Classe : AVES

Ordre: ARDEIFORMES

Famille: ARDEIDAE

Genre: *Egretta*

Espèce: *alba*

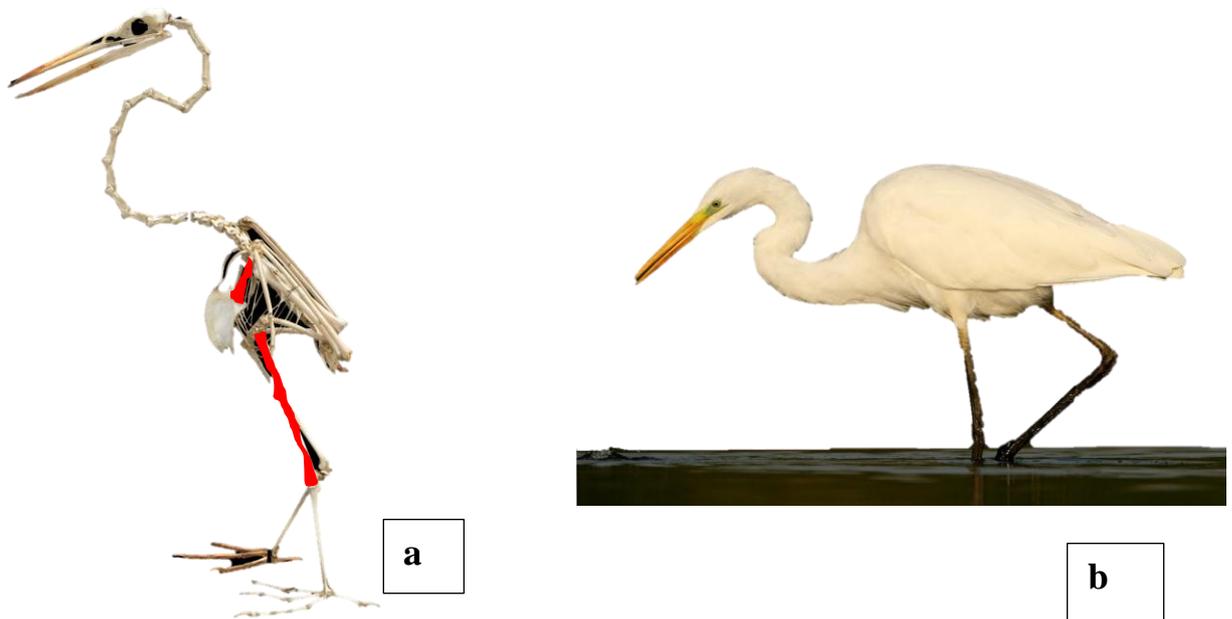
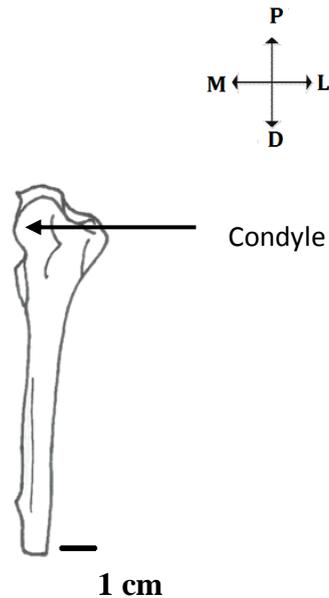


Fig. 47: Espèce *Egretta alba* (b), emplacement des éléments étudiés (a)

2.1.34 TSM-15- 241

Description

C'est un os qui a une forme caractéristique. Il est allongé et possède plusieurs surfaces d'articulation ainsi qu'un condyle et une petite crête située sur chaque côté (deux dans la partie supérieure).



Vue ventrale

Fig. 48 Schéma d'un carpometacarpe de l'espèce *Anas erythrorhynca*

Attribution taxinomique

C'est un carpometacarpe. Après comparaison avec la collection des ossements d'oiseaux du laboratoire de Primatologie et de Paléontologie des vertébrés, l'os appartient à l'espèce *Anas erythrorhynca*.

Classification 7

Règne : ANIMALIA

Embranchement : VERTEBRATA

Classe : AVES

Ordre: ANSERIFORMES

Famille: ANATIDAE

Genre: *Anas*

Espèce: *erythrorhynca*



Fig. 49: Espèce *Anas erythrorhynca* (b), emplacement de l'élément étudié (a)

2.1.35 TSM-15- 109

Description

C'est un petit os, dont la partie proximale est plus élargie avec une surface d'articulation à son extrémité et en vue supérieure. La partie distale est formée par deux condyles. La face ventrale est plus bombée.

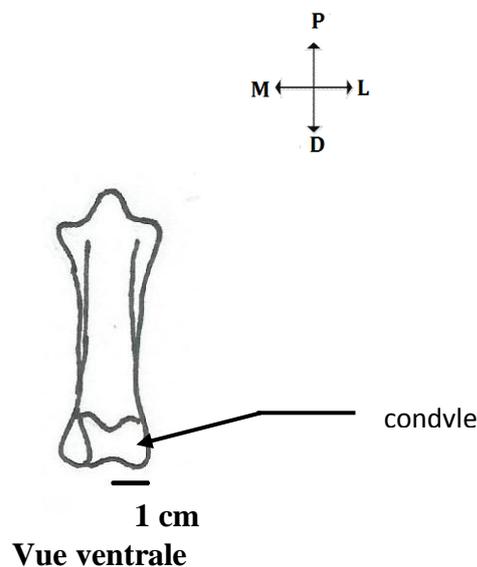


Fig. 50 : Schéma d'une phalange de l'espèce *Asio madagascariensis*

Attribution taxinomique

C'est une phalange. Après comparaison avec la collection des ossements d'oiseaux du laboratoire de Primatologie et de Paléontologie des vertébrés, il appartient à l'espèce *Asio madagascariensis*

2.1.36 Classification 8

Règne : ANIMALIA

Embranchement : VERTEBRATA

Classe : AVES

Ordre: STRIGIFORMES

Famille: STRIGIDAE

Genre: *Asio*

Espèce: *madagascariensis*



Fig. 51: Emplacement de l'élément étudié

3. Etude quantitative

L'effectif total des restes fossiles collectés est obtenu par la somme de deux grandes catégories : le NRD et NRI.

- Le NRI correspond au nombre de restes indéterminés ou esquilles. Il est au nombre de 445.
- Le NRD représente le nombre de restes déterminés taxonomiquement et anatomiquement. Cette catégorie regroupe 151 restes fossiles.

Le nombre total des matériels collectés est donc de 596. Le nombre des esquilles (75%) est largement supérieur par rapport à celui des « fossiles déterminés » (25%) (Fig. 44, page 50)

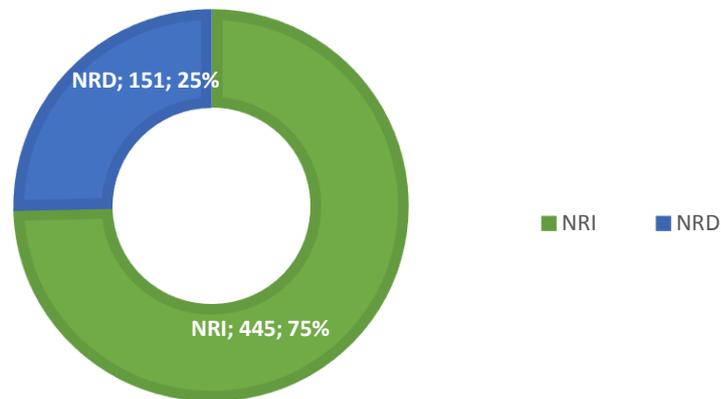


Fig. 52 : Effectif total des restes fossiles

Parmi ces restes déterminés, les déterminations taxinomiques ont donné **huit** genres formant l'association faunistique du site d'étude :

- **Cinq** genres appartiennent au **niveau fossilifère n°1 (NF1)**. Ce sont les Genres *Mullerornis*, *Aldabrachelys*, *Hippopotamus* dont l'espèce *Hippopotamus lemerlei*, *Aepyornis* avec l'espèce *Aepyornis hildebrandti*, les CROCODILIDAE (avec l'espèce *Voay robustus*).
- **Trois** espèces appartiennent au **niveau fossilifère n°2 (NF2)** dont *Anas erythrorhynca*, *Asio madagascariensis*, et *Egreta alba*.

Cette association montre une abondance considérable des Hippopotames (42%) et des Crocodiles (40%) (Fig. 45, page 51).

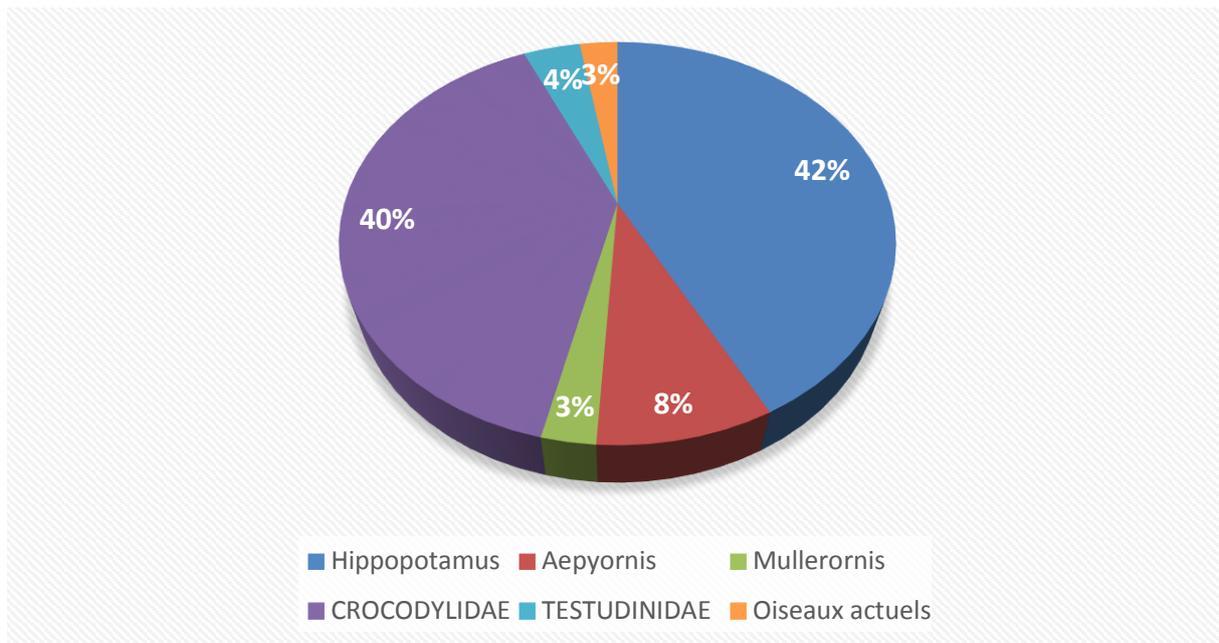


Fig. 53 : Distribution des restes fossiles

Les éléments squelettiques sont groupés en plusieurs grands ensembles pour mettre en relief les parties les mieux conservées. Le squelette est divisé en six parties :

- **A** : cranium : os du crâne et mandibule
- **B** : dent
- **C** : squelette axial : vertèbre et côte
- **D** : stylo-pode et zeugopode
- **E** : autopode
- **F** : ceinture : scapulaire et pelvienne

La figure suivante (Fig. 46, page 52) montre l'abondance de chaque division squelettique pour chaque groupe. En effet, après rassemblement de chaque élément squelettique dans des groupements, il est observé que les paquets morphologiques varient en nombre pour chaque taxon.

Les morceaux de coquille d'œuf, les ostéodermes et plaques dermiques sont spécifiques pour certains groupes seulement si bien qu'ils ne figurent pas sur le graphe.

Pour ne pas surestimer le nombre d'éléments pour chaque groupe, le nombre minimum d'éléments ou NME est considéré afin d'établir la figure ci-dessous. Il s'agit d'une estimation du nombre minimal pour une catégorie anatomique désignée (Binford, 1984). Car plusieurs fragments peuvent appartenir à un seul os.

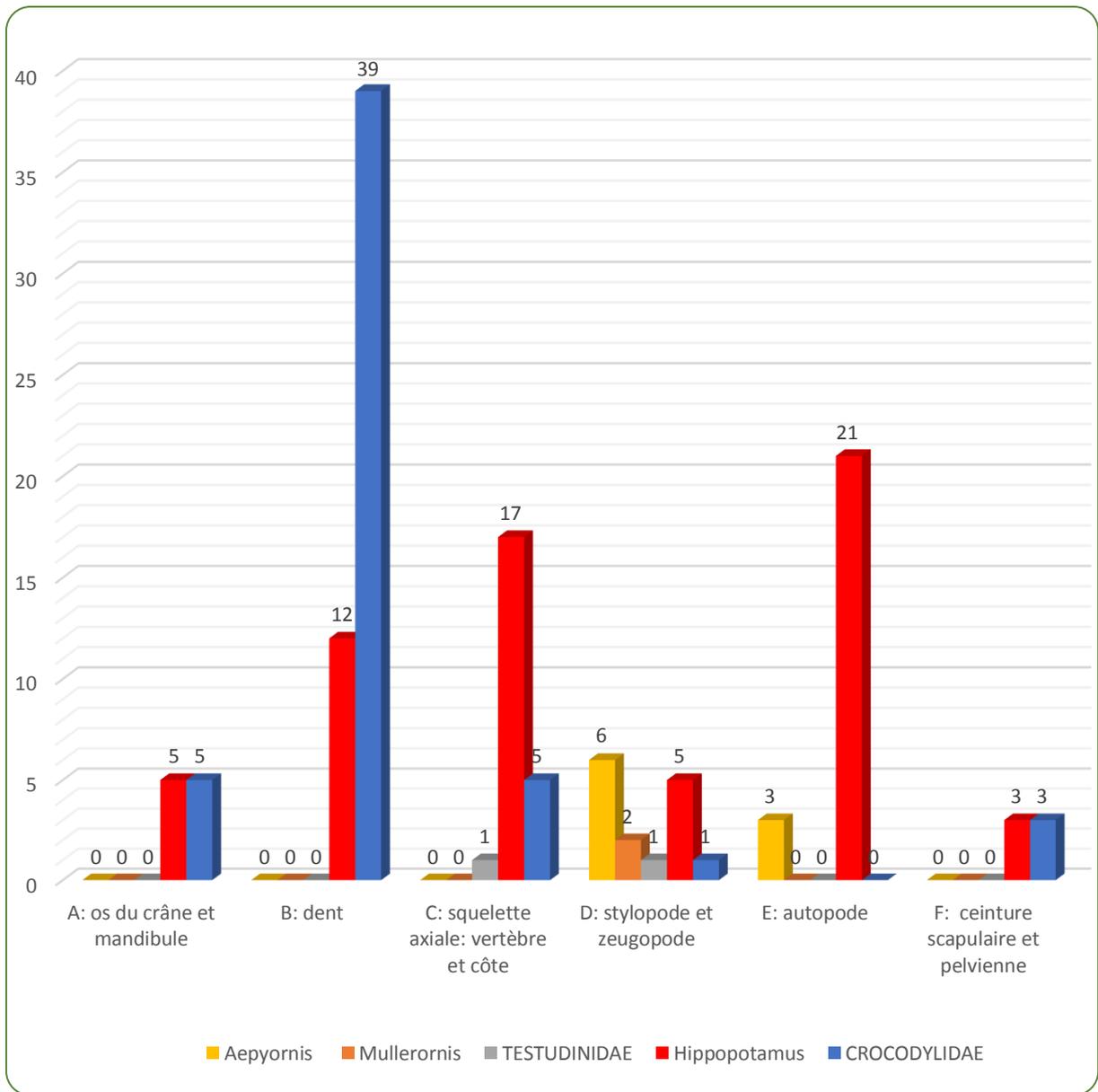


Fig. 54 : Abondance de chaque division squelettique

La figure 46 montre une grande dominance des ossements d'Hippopotames ainsi qu'une forte proportion quant au nombre de dents chez les Crocodiles.

IV. Interprétation

1 Etude quantitative

Le faible effectif de restes déterminables anatomiquement et taxonomiquement (Fig. 44, page 50), est dû à l'état fragmentaire des os et au manque de références sur les éléments postcrâniens (Bouteaux, 2005). La grande proportion des ossements d'Hippopotames est peut-être due au fait que leurs restes sont les mieux conservés, ce qui facilite leur détermination.

Parmi les matériels fossiles déterminés, le nombre d'ossement d'espèces terrestres éteintes récupérés sur le site est bien inférieur à ceux des espèces aquatiques, notamment l'abondance des os d'hippopotames, et les innombrables dents de Crocodiles. Ceci peut s'expliquer par la proximité de leur habitat et le lieu du dépôt.

2 Taphonomie

Des preuves paléontologiques et paléoécologiques (os modifiés d'animaux disparus, particules de charbons, plantes introduites) ont démontré que l'arrivée de l'Homme à Madagascar était entre 2000 et 2350 ans BP. Dans la région d'Antsirabe, elle est estimée au 13^{ème} siècle (Goodman & Jungers, 2013). Puisque les fossiles du site d'Ankeniheny sont datés de 14 000 ans BP selon la datation effectuée par Samonds en 2016, les actions anthropiques liées à la disparition de ces animaux sont à exclure. De plus, aucun outil fabriqué par l'Homme ou autre objet archéologique n'a été découvert dans le site ou sur les ossements.

Au Pléistocène supérieur, le massif de l'Ankaratra a connu la quatrième phase des éruptions volcaniques basaltiques. (Lenoble, 1949) Cette date coïncide à peu près avec l'âge des fossiles contenu la NF1. Les concrétions de basaltes présentes dans cette couche fossilifère témoignent le caractère effusif de ce volcanisme, c'est-à-dire que le volcan émet des gaz quelque jour (2à 3) avant l'écoulement de la lave fluide

L'impact de cette éruption aurait certainement joué un rôle important à l'échelle locale. (Goodman & Jungers, 2013). En effet, le dégazage du volcan a dû asphyxier certains animaux et a causé leur mort. Elle est aussi à l'origine de sources chaudes riches en soufre qui ont pu

asphyxier les animaux venus se désaltérer à cause de la chaleur, notamment ceux qui vivent au dépend de l'eau, tels que les crocodiles et les hippopotames.

Puis survient l'écoulement du magma fluide transportant les ossements en aval; jusqu'au marais, où ils se déposent dans la dépression en contact avec l'eau. Ce qui signifie que certains ossements sont transportés sur une assez longue distance, comme en témoigne les nombreux petits fragments d'os et leurs bords arrondis. Ils se trouvent mélangés avec ceux qui sont presque intacts ; donc restés sur place. On est alors en présence de deux associations différentes : une autochtone (paleobiocénose) et une autre allochtone (thanatocénose) qui sont mélangés et constituent une symmigte.

L'écoulement transporte aussi des matériaux volcaniques, entre autre des débris de basalte en plus des ossements. Il recouvre l'assemblage, l'emprisonne et le protège ainsi des agents atmosphériques ce qui favorise sa conservation. En plus, la couche de travertin, renforce cette protection. Les ossements collectés sont de couleur très sombre, sauf les parties enfermées dans la gangue (Fig. 52 p55).

Ainsi, même si le changement climatique, dont les périodes de refroidissement et de réchauffement typiques de la fin du Pléistocène et du début de l'Holocène connu dans la région d'Antsirabe (Goodman & Jungers, 2013) a peut-être eu des impacts sur la faune subfossile d'Ankeniheny, par la réduction de l'alimentation et la réadaptation de l'organisme, c'est le volcanisme qui a joué un rôle majeur quant à leur disparition.

La gangue préserve la texture de l'os bien qu'aucune trace de prédateur n'est observée; même ceux de morsures d'animaux, comme dans le gisement d'Ampasambazimba où plusieurs ossements de Tortues géants et de *Palaeopropithecus* montrent des empreintes de dents de crocodiles. (Standing, 1908).

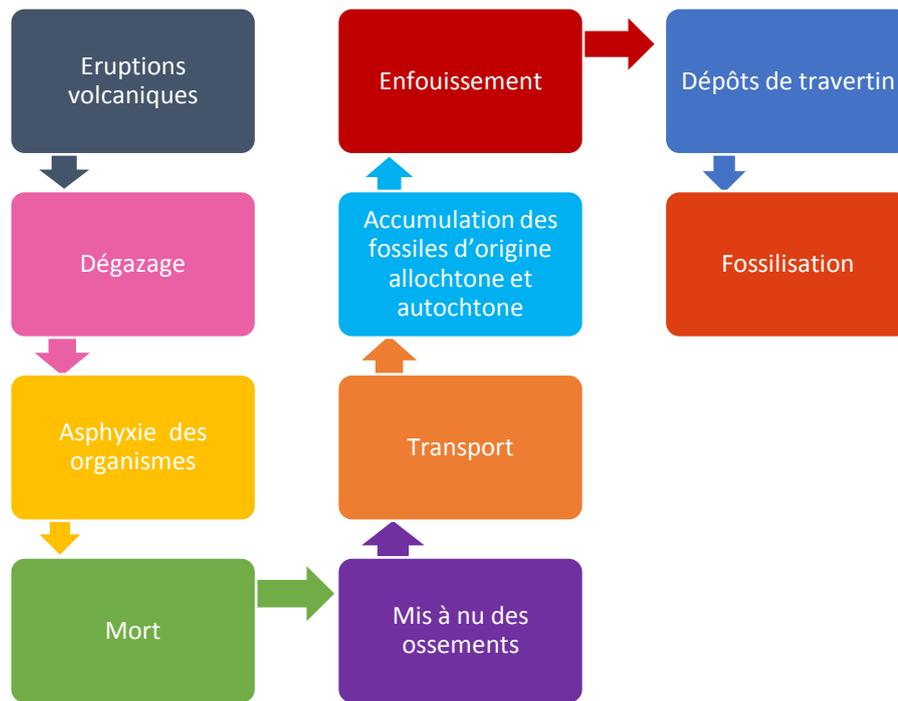


Fig. 55 : Résumé du processus taphonomique

Présence d'oiseaux actuels

Comme ce fut le cas pour d'autres gisements subfossiles (Ampasambazimba, Antsirabe), un certain nombre d'oiseaux aquatiques actuels ont également été trouvés parmi les ossements subfossiles. On a identifié des espèces de canards sauvages *Anas erythrorhynca*, et *Egreta alba*, ainsi que le hibou *Asio madagascariensis*. Mais il faut remarquer que, ces os d'oiseaux actuels se trouvaient à l'intérieur de la couche au-dessus du travertin. De plus, ils étaient « propres », sans aucun débris volcaniques. Ceci suggère qu'ils n'ont pas été déposés au même moment que l'assemblage des restes subfossiles, mais après la période volcanique liée à la disparition de cette faune subfossile.

3 Paléoenvironnement

Par l'application du Principe de l'autoécologie, le paléoenvironnement du site est supposé à partir de l'écologie des trois groupes les plus représentés au sein la faune subfossile qui sont par ordre d'abondance : le genre *Hippopotamus*, et *Aepyornis*, les Crocodylidae

Comme peu d'informations sont recueillis sur la Paléoécologie du genre *Hippopotamus* et l'espèce *Voay robustus*, et en accord avec le principe de l'actualisme, l'écologie des

Hippopotames nains d'Afrique et les Crocodiles du Nil de Madagascar est utilisée pour la reconstitution du paleoenvironnement du site.

3.1 Hippopotame

- **Comportement**

Les hippopotames nains sont solitaires, sauf quand une femelle est accompagnée de petits (Robinson 1970 in Mallon D., et al 2010). Ils s'alimentent la nuit, et se rafraichissent pendant la journée.

- **Habitat**

Les hippopotames pygmées habitent principalement la forêt primaire près des rivières, ruisseaux et aussi des marécages de palmiers *Raphia* (Robinson, 1970 Mallon in D., et al 2010). Avec une profondeur optimale légèrement supérieure à 1,5 mètre, dépassant ainsi quelque peu la hauteur à l'épaule de l'animal

- **Régime alimentaire**

Les hippopotames sont des brouteurs sélectifs avec une préférence pour les herbes vertes et courtes (environ 15 cm de hauteur) Ils consomment principalement Graminées et des Cyperacées, ou des fougères, des racines tendres, de l'herbe, des tiges et des feuilles de jeunes arbres, (Robinson 1970 in Mallon D., et al 2010).

3.2 Crocodiles

- **Comportement**

Les Crocodiles du Nil vivent en groupe. Les femelles sont ovipares, elles pondent toujours au même endroit chaque année si ce dernier n'a pas subi de dégradation prononcée (Bolton, 1990). Le taux de viabilité de leurs œufs dépend essentiellement des conditions du milieu (température, hygrométrie, aération)

Les Crocodiles utilisent les terriers comme abri lorsque les conditions sont précaires, et aussi de lieu de repos ou de stockage de nourriture (UE-CITES, 2013)

- **Habitat**

A Madagascar, les Crocodiles du Nil se trouvent dans des habitats très diversifiés : lacs, fleuves, marais d'eau douce ou d'eau saumâtre entourées des végétations à strates arbustives. Avec des berges qui sont soit dégagés, soit recouverts de plantes herbacées (UE-CITES, 2013).

- **Régime alimentaire**

Voay robustus était un grand spécimen, dépassant les 5m de longueur, et qui aurait été un redoutable prédateur. Il se nourrissait peut être de différents animaux aquatiques présents dans ces marais, ainsi que d'animaux terrestres venus au bord de l'eau pour se désaltérer.

L'éventail de ses proies est très varié et dépend de la taille de l'animal, les plus jeunes se nourrissant d'invertébrés aquatiques et d'insectes, les plus grands de poissons, d'amphibiens et reptiles. Exceptionnellement, ils peuvent s'attaquer à de jeunes hippopotames.

3.3 *Aepyornis*

- **Comportement**

Les *Aepyornis* sont des oiseaux de très grande taille. Ils sont incapables de voler, parce que leurs ailes sont trop petites et rudimentaires et qu'ils ne possèdent pas de bréchet sur le sternum. Mais leurs longues pattes, avec un tibiotarse largement plus long que le tarsométatarse sont adaptées à marcher et à courir.

- **Habitat**

Sur les Hautes Terres Centrales et sur les sites côtiers du Sud et de l'Ouest de l'Ile, des vestiges d'Oiseaux-éléphant ont été trouvés sur différents sites paléontologiques et archéologiques à proximité des points d'eau comme des rivières, marais, puits artésiens et des grottes ouvertes avec des sources d'eau.

- **Régime alimentaire**

L'*Aepyornis* n'était pas une créature prédatrice. Il était végétarien, un brouteur et un tondeur capable d'atteindre avec son long cou les branches basses des arbustes et des arbres.

L'ensemble de caractères anatomiques si particulier de ces oiseaux éléphants permet de dire qu'ils étaient construits pour arracher les racines avec leur bec (Monnier 1913).

Les Oiseaux-éléphants consommaient des herbes et des feuilles. Et comme les girafes et les éléphants, l'Aepyornis préfèrent les grandes feuilles que les petites (Tovondrafale, 2015).

Conclusion partielle 1

En tenant compte des niches écologiques de chacun des trois principaux groupes de fossiles trouvés dans le site. On peut supposer qu'Ankeniheny était un vaste marais entouré par une forêt claire. (Fig.47, page 58)



Fig. 56 Reconstitution du Paleoenvironnement de la région d'Antsirabe (Goodman, Jungers 2013)

V. Discussion

L'application du principe de l'actualisme a ses limites parce que le biotope d'un groupe d'organisme peut se modifier dans le temps (Rey, 1983). Par exemple, à Madagascar, des ossements d'Hippopotame sont récoltés dans des environnements différents, que ce soit dans les hautes altitudes comme Antsirabe et Itasy (Ampasambazimba) ou les zones de basses altitudes, des régions côtières telles qu'Itampolo ou Taolambimby. Or, actuellement en Afrique les Hippopotames nains sont absents sur les côtes.

Il existe certains groupes d'animaux présents dans la région d'Antsirabe comme les Lémuriens, certains oiseaux aquatiques actuels et des micromammifères (Annexe 2, page I) qui ne sont pas

identifiés à Ankeniheny. D'une part, la collecte et l'identification des fossiles d'Ankeniheny ne commençait qu'en 2014, et jusqu'à aujourd'hui ce site n'a pas encore été agrandi. Ainsi, dans la perspective d'une extension du site, on pourra peut-être trouver leurs restes. D'autre part, l'hypothèse de l'existence d'un microclimat est proposée. En effet, le climat d'une région géographique peut être modifié par des différences locales d'altitudes, de géomorphologie (falaise, versant, vallée), de végétation donc, du niche écologique d'où la différence faunistique.

Ampasambazimba se trouve environ à 185km du site étudié. Il présente de nombreux points avec le site d'Ankeniheny. Il est le gisement le plus étudié, ainsi, le mieux connu des gisements subfossiles des Hautes Terres Centrales de Madagascar. La comparaison du site d'Ankeniheny avec celui d'Ampasambazimba (tableau 1) permet de mieux saisir et comprendre l'origine ainsi que l'histoire de l'assemblage fossile de ce site.

Tableau 1 : Comparaison entre le site d'Ankeniheny-Tsaramody et Ampasambazimba

	Ampasambazimba	Ankeniheny
Découverte	M. Raybaub au début de 1902:	K. Samonds et al en 2010
Age absolu	1035±50 ans BP (Tattersall, 1973)	14 000 ans BP
Localisation	A 1.5km au Sud-Ouest du village de Tsarazaza, dans la commune de Miarinarivo, Région Itasy.	Village de Tsaramody, dans la commune de Mandrosohasina, Région Vakinankaratra.
Formation	<p>coulées de lave du volcanisme de l'Itasy</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">barrage de la Rivière Mazy</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">création d'un marais de 3 ou 4ha (Tattersall, 1973)</p>	<p>coulées de lave du volcanisme de l'Ankaratra</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">barrage des vallées principales vers l'Ouest</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">formation d'un lac par vallée puis montée du plan d'eau</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">submersion des crêtes limitants les lacs</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">réunion des lacs en un seul. abaissement du niveau de l'exutoire</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">formation d'un vaste marais (Lenoble 1949)</p>
Succession de dépôt durant le remplissage du lac	<ul style="list-style-type: none"> • A environ 1m au-dessous de la surface : fine couche des restes de végétaux récents et de la boue, par place, elle est recouverte de larges bancs de travertin. • A de 2 ou 3m au-dessous du travertin jusqu'à un substratum d'origine volcanique : 	<ul style="list-style-type: none"> • A environ 5cm de la terre arable de 25cm d'épaisseur horizon riche en humus, à texture friable Juste au-dessous de cette couche • Horizon argileuse et du sable de 50 cm d'épaisseur contenant quelques ossements d'oiseaux aquatiques actuels • travertin de 5 à 10cm. Trouvé par endroit sous cette couche

	<p>tapis de tourbe contenant des troncs d'arbres, des branches, des feuilles et même des fruits ligneux. et des ossements</p> <p><u>Existence de deux couches fossilifères</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ entre 60 et 90cm ➤ entre 115 et 125cm. <p>fossiles de Primates étant trouvés dans toutes les profondeurs.</p> <p><u>Existence d'objets fabriqués par des hommes</u> (manche d'outil en bois, hache taillée dans un tibio-tarse de <i>Mullerornis</i>, jarre en terre cuite) mêlés aux ossements.</p> <p>(Monnier 1903&Tattersall, 1973)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • couche de boue mélangée à des galets de basalte d'une épaisseur de 20 à 30cm. <p>Contenant des ossements subfossiles</p> <ul style="list-style-type: none"> • sous cette couche très fossilifère se trouve une couche d'argile grise non fossilifère:
	 <p style="text-align: center;">Ampasambazimba</p>	 <p style="text-align: right;">Ankeniheny</p>

Les deux sites ont en commun le contexte de volcanisme lié à leur création et la présence de travertin au-dessus de la couche fossilifère.

Mais ils connaissent des différences au niveau des sédiments de remplissage : la présence des roches volcaniques (du basalte) dans la couche fossilifère et collés aux restes fossiles sont typique du site d'Ankeniheny. La présence des traces d'industries humaines (qui pourraient être, contemporaines du vestige du Lémuroïde : *Megaladapis grandidieri* daté de 1035±50 ans par la méthode du 14C (TATTERSALL, 1973) est propre pour le gisement d'Ampasambazimba.

Par ailleurs, à propos des fossiles trouvés, les grands lémuriens subfossiles sont tous absents jusqu'à présent à Ankeniheny. La présence de tronc d'arbre et autre partie de plantes supposent la présence d'une forêt dense à Ampasambazimba (Tattersall, 1973) alors que la reconstitution paléoenvironnementale de Tsaramody suppose une forêt claire.

D'après le tableau 1, la datation de 14 000 ans permet de situer l'existence d'un environnement particulier du site et par conséquent, de la composition, de la paleofaune pendant cette période.

Conclusion partielle 2

- Par rapport à Ankeniheny, Ampasambazimba présente beaucoup plus d'espèce faunique, entre les Lémuriens.
- Le genre *Hippopotamus* est le taxon le plus abondant dans le site, ceci indique, un milieu plus humide, du moins avec beaucoup plus d'étendue d'eau.
- Les concrétions volcaniques collées aux ossements suggèrent que les subfossiles de leur vivant, sont présents quand les phénomènes volcaniques survenus.
- La reconstitution paléoécologique suppose que le milieu était un point d'eau marécageux avec une forêt claire ; néanmoins, des investigations paleofloristiques sont nécessaires pour étoffer ou infirmer cette hypothèse.

Conclusion

Deux niveaux fossilifères ont été identifiés dans le site d'Ankeniheny. Le premier à la est une couche argileuse mélangée à des débris volcaniques qui referme des centaines de restes fossiles emprisonnés dans des gangues basaltiques. Ces fossiles sont essentiellement les Vertébrés subfossiles caractéristiques du Plio-Quaternaire de Madagascar dont les genres *Mullerornis*, *Aldabrachelys*, *Hippopotamus* (dont l'espèce *Hippopotamus lemerlei*), *Aepyornis* (avec l'espèce *Aepyornis hildebrandti*) et enfin les Crocodilidés (avec l'espèce *Voay robustus*). La deuxième couche, argileuse et compacte, renferme quelques ossements d'Oiseaux aquatiques vivant encore actuellement à savoir *Anas erythrorhynca*, *Asio madagascariensis* et *Egretta alba*.

La mise en relation de l'histoire géologique de la région de Sambaina avec l'analyse du dépôt de la couche fossilifère et les fossiles eux-mêmes a supposé que l'éruption volcanique a causé la mort de ces animaux.

L'étude de l'anatomie de chaque paquet morphologique renseigne sur l'adaptation biologique de l'animal permettant de déterminer son écologie. L'interaction entre la niche écologique de chaque grand groupe permet de reconstituer son paleoenvironnement. Le genre *Hippopotamus*, les Crocodilidés et le genre *Aepyornis* sont les plus abondants dans le site, ceci suppose qu'Ankeniheny était un marais entouré d'une forêt claire.

Le site étudié présente de nombreux points communs avec Ampasambazimba notamment le volcanisme, mais aussi des différences au niveau des fossiles trouvés.

La prospection dans le Sous-bassin de Sambaina mérite encore d'être continuée en vue de compléter et de résoudre les problèmes encore en suspens quant à la composition de la faune subfossile et son interprétation biostratigraphique et paléogéographique pendant la période plio-quaternaire à Madagascar.

Bibliographie

1. ANDRIANJAFISOA R., 2013. Taphonomie du site *Rapetosaurus krausei* de la région de Berivotra (Bassin de Mahajanga). Mémoire de DEA, Département de Paléontologie et de Biostratigraphie, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar, p70.
2. ANDRIANAIVO L., 2011. Caractéristiques générales des systèmes et des régions géothermiques de Madagascar. Madamines, ISSN 2220-0681, vol. 2, pp 11-21
3. ARNOLD E., 1979. Indian Ocean Giant Tortoises: Their Systematics and Island Adaptations. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, Vol. 286, No. 1011, pp. 127-145. In The Royal Society, <http://www.jstor.org/stable/2418092>.
4. AUSTIN J., ARNOLD E., BOUR R., 2003. Was there a second adaptive radiation of giant tortoises in the Indian Ocean? Using mitochondrial DNA to investigate speciation and biogeography of *Aldabrachelys* (Reptilia, Testudinidae). Molecular Ecology. 12, pp 1415–1424.
5. BARTHERE, 1915. Observation sur une hache en os provenant des fouilles exécutées par l'Académie Malgache à Ampasambazimba en 1908. Bulletin de la Société Préhistorique Française.
6. BARONE R., 1986. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Edition VIGOT FRERE. p275
7. BATTISTINI R., 1962 Le massif volcanique de l'Itasy (Madagascar). Annales de Géographie, 71, n°384, pp. 167-178; in http://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1962_num_71_384_1616
8. BATTISTINI R., VERIN P., 1964. La datation au RC 14 de l'Hippopotamus lemerlei du gisement d'Itampolo. C.R des Sciences mens. De la S.PF. n°8 pp CLXXXIII-CLXXXIV.

9. BESAIRIE H., 1960. Monographie géologique de Madagascar. Ministère des Mines et de l'Énergie. Pp 1-15

10. BICKELMANN C., ET KLEIN N., 2009. The late Pleistocene horned crocodile *Voay robustus* (Grandidier & Vaillant, 1872) from Madagascar. *The Museum fur Naturkunde Berlin Fossil Record* 12, pp13–21.

11. BINFORD L., 1984, Faunal Remains from Klasies River mouth, Academic Press ed., New York, 283

12. BOISSERIE J., 2005 The phylogeny and taxonomy of Hippopotamidae (Mammalia: Artiodactyla): a review based on morphology and cladistic analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society*. pp 1-10.

13. BOLTON, M., (1990). Développement de l'élevage de crocodile à Madagascar. United Nations FAO. Rapport TCP/MAG/8954. Août 1990.

14. BOUTEAUX A., 2005. Paléontologie, paléoécologie et taphonomie des mammifères du Pléistocène moyen ancien du site à hominidés de Sangiran (Java central, Indonésie). Thèse de Doctorat du Troisième cycle, Département de Préhistoire, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, Paris, France, p 371

15. BOUR R. 2003. Recherches sur des animaux doublement disparus: Les Tortues géantes subfossiles de Madagascar. Thèse de Doctorat de troisième cycle. Faculté des Sciences, Université de Montpellier, France, p255

16. BOUR I., 2014. Taphonomie Les processus de Fossilisations. Module Paleontologie-Microfacies. ULB : Université de Lyon, France.

17. BROCHU, C. A., 2007. Morphology, relationships, and biogeographical significance of an extinct horned crocodile (*Crocodylia*, *Crocodylidae*) from the Quaternary of Madagascar – *Zoological Journal of the Linnean Society* 150, pp.835-863

18. CROWLEY B., 2010. A refined chronology of prehistoric Madagascar and the demise of the megafauna. *Quaternary Science Reviews* 29, pp 2591-2603.
19. DELPECH F. & GUERIN C., 1996, Paléoenvironnement : l'animal, le milieu, le climat, in :Guérin C. & Patou-Mathis M. (eds.), *Les grands mammifères plio-pléistocènes d'Europe*, Masson ed, Paris, 243-253.
20. FAUREA M., GUERINB C., GENTY C. D., et al, 2010, Le plus ancien hippopotame fossile (*Hippopotamus laloumena*) de Madagascar (Belobaka, Province de Mahajanga), *Comptes Rendus Palevol* 9, pp 155–162
21. FAURE M., GUÉRIN C., 2011. *Hippopotamus guldbergi* n. sp. : Révision du statut d'*Hippopotamus madagascariensis* Guldberg, 1883, après plus d'un siècle de malentendus et de confusions taxonomiques. *Zoosystema* 33, pp 61-82.
22. GALL J.C, 1976. Environnement Sédimentaires anciens et milieux de vie. Edition DOIN. Pp 103-115
23. GODFREY L., IRWIN M., 2007. The Evolution of Extinction Risk: Past and Present Anthropogenic Impacts on the Primate Communities of Madagascar. *American Journal of Primatology* 73, pp 25–37.
24. GOMMERY D., RAMANIVOSOA B., FAUREC M, et al, 2011. Les plus anciennes traces d'activités anthropiques de Madagascar sur des ossements d'hippopotames subfossiles d'Anjohibe. *Comptes Rendus Palevol* 10, pp 271–278.
25. GOODMAN S., 2012. Windows into the extraordinary recent land animals' ecosystems of Madagascar. In journées scientifique sur les maladies infectieuses dans la région Sud-ouest de l'Océan Indien. p. 55
26. GOODMAN S & JUNGERS W. L., 2013. Les animaux et écosystème de l'Holocène disparus de Madagascar, édition : Association Vahatra, p. 249.

- 27.** LAGEAT Y. et PEYROT B., 1972. La plaine de Sambaina-Ambohibary et ses bordures, p. 178
- 28.** LEBEAU J., 2011. Anatomie comparée et phylogénèse dentaire, Cours d'Odontologie, Université Joseph Fourier de Grenoble, in www.mediatrice-grenoble.fr. p51
- 29.** LENOBLE A., 1949. Les dépôts lacustres Pliocènes-Pléistocènes de l'Ankaratra(Madagascar) Etude Géologique. Annale geologiques du Service des Mines XVIII 9-82. Fossiles, mines et ressources minières sédimentologie, Madagascar (Centre), Ankaratra.
- 30.** MACPHEE, R. BURNEY D., WELLS N.A. 1985. Early Holocene chronology and Environment of Ampasmbazimba, a Malagasy Subfossil Lemur site. International Journal of Primatology. Vol 6. NO. 5.
- 31.** MACPHEE, R.D.E., 1986. - Environnement, Extinction, and Holocene Vertebrate Localities in Southern Madagascar. Nat. Geog. Res., Washington, 2 (4): 441-455.
- 32.** MAHE J., 1965, Les subfossiles malgaches, in : 4°, p. 10
- 33.** MALLON D., WIGHTMAN C., DE ORNELLAS P., et al. 2010. Stratégie de Conservation de l'Hippopotame Pygmée. Atelier d'Elaboration de la Stratégie de Conservation de l'Hippopotame Pygmée, Monrovia.
- 34.** MONNIER L., 1913. Les Aepyornis. PALÉONTOLOGIE DE MADAGASCAR VII. p43
- 35.** MULDOON K., CROWLEY B., GODFREY L. et al, 2012. Early Holocene fauna from a new subfossil site: A first assessment from Christmas River, south central Madagascar. Madagascar Conservation & Development, volume 7, ISSUE 1, pp 23-29.

- 36.** PALKOVACS E. GERLACH T. CACCONEA A., 2002. The evolutionary origin of Indian Ocean tortoises (*Dipsochelys*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 24, pp 216–227.
- 37.** PROJET DE RENFORCEMENT DES CAPACITES UE-CITES 2013 Rapport Final Projet Crocodile Madagascar, n° S-423, p 157.
- 38.** RAKOTOZANDRY R., 2016 Les Reptiles subfossiles de Madagascar : cas des crocodiles subfossiles du site subfossilifère de Tsaramody (Sambaina Antsirabe, Madagascar). Mini-mémoire de Licence. Mention : Bassins sédimentaires, Environnement et Conservation (BEC) Domaine : Sciences et Technologies Université d'Antananarivo
- 39.** RAZAFIMAHEFA RASOANIMANANA R., NICOUD G., MIETTON M. et al. Réinterprétation des formations superficielles Pléistocènes du bassin d'Antsirabe Hautes Terres Centrales de Madagascar. p 26
- 40.** REY J., 1983. Biostratigraphie et Lithostratigraphie. Edition TECHNIP. ISBN 2.7 108-0459-X. pp 82-114
- 41.** SAMONDS K, PARENT S., MULDOON K., et al, 2010. Rock matrix surrounding subfossil lemur skull yields diverse collection of mammalian subfossils: Implications for reconstructing Madagascar's paleoenvironments. *Malagasy Nature*, 4, pp 1-16.
- 42.** SANDIARISATA M., 2015. Caractérisation du nouveau site à subfossile de Tsaramody-Sambaina, Antsirabe. Mémoire de DEA, Département de Paléontologie et de Biostratigraphie, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar, p45
- 43.** STANDING, H.F., 1908. - On recently discovered subfossil primates from Madagascar. *Trans. Zool. Soc. London*, XVIII, II: 59-169, pl. X-XXVIII.

- 44.** STUENES S., 1989. Taxonomy, Habits, and Relationships of the Subfossil Madagascan Hippopotami *Hippopotamus lemerlei* and *Hippopotamus madagascariensis*. Journal of Vertebrate Paleontology, Vol. 9, No. 3, pp. 241-268
- 45.** TATTERSALL I., 1973. A Note on the Age of the Subfossil Site of Ampasambazimba, Miarinarivo Province, Malagasy Republic. The American Museum of Natural History. Number 2520 pp 1-6.
- 46.** TORTOSA T., ADNET S., AMIOT R., et al. 2013. Principes de paléontologie. Edition Dunod, Paris, ISBN 978-2-10-057993-8. P 23.
- 47.** VAUDOUR J., 1986. Travertins holocènes et pression anthropique. Méditerranée, Troisième série, Tome 57, 1-2 dans Travertins LS et évolution des paysages holocènes dans le domaine méditerranéen. pp. 168-173. In [www. Persée.fr](http://www.Persée.fr)
- 48.** VERNAL A. et LEDUC J., 2000. Paléontologie. Notes de cours, Département de Sciences de la terre UQAM. P142

Annexe

Annexe 1

Liste des restes fossiles identifiés sur le site d'Ankeniheny-Tsaramody

Code	Élément	Taxon	Observation	Nombre Minimum d'élément
TSM-15-386'	frontale	<i>Voay robustus</i>		
TSM-15-014	astragale	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-088	calcanéum	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-100	os zygomatique	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-255	fémur droite	<i>Aepyornis hildebrandti</i>	complet	MNE=3
TSM-15-576	fémur gauche	<i>Aepyornis</i>	tête	
TSM-15-257	fémur gauche	<i>Aepyornis</i>	tête	
TSM-15-022	tibia	<i>Mullerornis</i>		MNE=2
TSM-15-063	tibia	<i>Mullerornis</i>		
TSM-15-241	carpometacarpe	<i>Anas erthyrycha</i>		
TSM-15-240	scapula	<i>Egreta cf. alba</i>		
TSM-15-239	tibiotarse	<i>Egreta alba</i>		
TSM-15-109	phalange	<i>Asio madagascariensis</i>		
TSM-15-359	coquille d'un œuf	<i>Mullerornis</i>		MNE=2
TSM-15-443	coquille d'un œuf	<i>Mullerornis</i>		
TSM-15-095	carré droite	<i>Voay robustus</i>		
TSM-15-017	ptérygoïde	<i>Voay robustus</i>		MNE=2
TSM-15-312	ptérygoïde	CROCODYLIDAE		
TSM-15-099	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-037	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-570	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		

TSM-15-270	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		MNE=10
TSM-15-061	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-082	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-273	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-563	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-062	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-019	vertèbre	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-089	carpe ou tarse	<i>Hippopotamus</i>		MNE=6
TSM-15-065	carpe ou tarse	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-552	carpe ou tarse	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-880	carpe ou tarse	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-067	carpe ou tarse	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-378	carpe ou tarse	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-026	phalange	<i>Hippopotamus</i>		MNE=12
TSM-15-011	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-568	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-066	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-047	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-558	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-399	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-009	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-387	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-037	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-247	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-362	phalange	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-012	maxillaire	<i>Hippopotamus</i>		MNE=3
TSM-15-567	maxillaire	<i>Hippopotamus</i>		

TSM-15-572	maxillaire	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-071	cote	<i>Hippopotamus</i>		MNE=7
TSM-15-091	cote	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-547	cote	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-565	cote	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-301	cote	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-092	cote	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-292	cote	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-034	tibia	<i>Hippopotamus</i>		MNE=2
TSM-15-282	tibia	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-285	fémur	<i>Hippopotamus</i>	forme un seul os complet	MNE= 2
TSM-15-283	fémur	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-260	fémur	<i>Hippopotamus</i>	tête	
TSM-15-564	ilion	<i>Hippopotamus</i>		MNE=2
TSM-15-281	ilion	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-284	sacrum	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-099	tarsometatarse	<i>Aepyornis</i>		MNE=3
TSM-15-259	tarsometatarse	<i>Aepyornis</i>		
TSM-15-308	tarsometatarse	<i>Aepyornis</i>		
TSM-15-016	tibiotarse	<i>Aepyornis</i>		MNE=3
TSM-15-052	tibiotarse	<i>Aepyornis</i>		
TSM-15-575	tibiotarse gauche	<i>Aepyornis hildebrandti</i>	forme un seul os	
TSM-15-574	tibiotarse gauche	<i>Aepyornis hildebrandti</i>		
TSM-15-232	humérus	AVES		
TSM-15-286	humérus	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-254	plaque dermique	<i>Aldabrachelys</i>		MNE=3
TSM-15-081	plaque dermique	<i>Aldabrachelys</i>		

TSM-15-079	plaque dermique	<i>Aldabrachelys</i>		
TSM-15-261	vertèbre	TESTUDINIDAE	plusieurs vertèbres soudées	
TSM-15-286	humérus	TESTUDINIDAE	un seul os	MNE=1
TSM-15-267	humérus	TESTUDINIDAE		
TSM-15-544	cote	CROCODYLIDAE		MNE=5
TSM-15-020	cote	CROCODYLIDAE		
TSM-15-548	cote	CROCODYLIDAE		
TSM-15-093	cote	CROCODYLIDAE		
TSM-15-128	cote	CROCODYLIDAE		
TSM-15-317	humérus	CROCODYLIDAE		
TSM-15-027	ilion	<i>Voay robustus</i>		MNE=2
TSM-15-064	ilion	<i>Voay robustus</i>		
TSM-15-331	ostéoderme	CROCODYLIDAE	dorsale	MNE=7
TSM-15-303	ostéoderme	CROCODYLIDAE	dorsale	
TSM-15-076	ostéoderme	CROCODYLIDAE	dorsale	
TSM-15-314	ostéoderme	CROCODYLIDAE	dorsale	
TSM-15-555	ostéoderme	CROCODYLIDAE	dorsale	
TSM-15-330	ostéoderme	CROCODYLIDAE	dorsale	
TSM-15-539	ostéoderme	CROCODYLIDAE	ventrale	
TSM-15-573	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-578	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-320	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-116	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-110	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-115	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-579	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-114	dent	CROCODYLIDAE		

TSM-15-016	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-120	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-112	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-580	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-223	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-111	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-326	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-015	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-391	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-581	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-204	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-230*	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-122	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-583	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-588	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-594	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-596	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-582	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-590	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-584	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-537	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-118	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-123	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-324	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-581	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-585	dent	CROCODYLIDAE	
TSM-15-593	dent	CROCODYLIDAE	

MNE=39

TSM-15-580	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-589	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-058	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-328	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-105	dent	CROCODYLIDAE		
TSM-15-315	dent: molaire	<i>Hippopotamus</i>		MNE=12
TSM-15-549	dent: molaire	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-234	dent: molaire	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-135	dent: molaire	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-130*	dent: canine	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-028	dent: canine	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-545	dent: canine	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-239	dent: canine	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-546	dent: canine	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-032	dent: incisive	<i>Hippopotamus lemerlei</i>		
TSM-15-043	dent: incisive	<i>Hippopotamus lemerlei</i>		
TSM-15-033	dent: incisive	<i>Hippopotamus lemerlei</i>		
TSM-15-060	talus	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-068	arcade zygomatique	<i>Hippopotamus</i>		
TSM-15-055	nasal	<i>Voay robustus</i>		
TSM-15-025	synsacrum	AVES		
TSM-15-094	sacrum	CROCODYLIDAE		

Annexe 2

Liste des vertébrés subfossiles identifiés sur différents sites subfossiles dans la région d'Antsirabe

Les espèces disparues sont signalées par †. La liste n'inclut pas les espèces introduites. (Goodman, Jungers, 2013)

Classe	Ordre	Famille	Genre
	REPTILIA	TESTUDINIDAE	<i>Aldabrachelys sp.</i>
		CROCODYLIDAE	† <i>Voay robustus</i>
AVES	AEPYORNITHIFORMES	†AEPYORNITHIDAE	† <i>Aepyornis hildebrandti</i>
			† <i>Mullerornis agilis</i>
			† <i>Mullerornis betsilei</i>
	PELACANIFORMES	PHALACROCORACIDAE	† <i>Phalacrocorax sp.</i>
			<i>Phalacrocorax africanus</i>
	ARDEIFORMES	ARDEIDAE	<i>Ardea sp.</i>
		THRESKIORNITHIDAE	<i>Platalea alba</i>
	ANSERIFORMES	ANATIDAE	† <i>Centronis majori</i>
			† <i>Alopochen sirabensis</i>
			<i>Sarkidiornis melanotos</i>
			<i>Anas bernieri</i>
			<i>Anas erythrorhynca</i>
			<i>Anas melleri</i>
	FALCONIFORMES	ACCIPITRIDAE	<i>Accipiter sp.</i>
	GALLIFORMES	PHASIANIDAE	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>
	GRUIFORMES	RALLIDAE	† <i>Hovacrex roberti</i>
			<i>Gallinula chloropus</i>
			<i>Porphyrio porphyrio</i>
	PSITTACIFORMES	PSITTACIDAE	<i>Coracopsis vasa</i>
MAMMALIA	BIBYMALAGASIA		† <i>Plesioeucteropus madagascariensis</i>

	AFROSORICIDAE	TENRECIDAE	<i>Tenrec ecaudatus</i>
	PRIMATES Sous-Ordre: STREPSIRRHINI Infra-Ordre: LEMURIFORMES	†ARCHAEOLEMURIDAE	† <i>Archaeolemur edwardsi</i>
		†PALEOPROPITHECIDAE	† <i>Mesopropithecus pithecoides</i>
			† <i>Paleopropithecus maximus</i>
		LEMURIDAE	† <i>Pachylemur jullyi</i>
		MEGALADAPIDAE	† <i>Megaladapis grandidieri</i>
	CARNIVORA	EUPLERIDAE	† <i>Cryptoprocta spelea</i>
			<i>Cryptoprocta ferox</i>
	ARTIODACTYLA	HIPPOPOTAMIDAE	† <i>Hippopotamus guldbergi</i>
	RODENTIA	NESOMYDAE	† <i>Hypogeomys auatralis</i>

Nom : RASOLOFOMANANA

Prénoms : Tojoarilala Rinasoa Nadia

Email : rasolofomanana.nadia@gmail.com

Téléphone : +261 33 41 952 05

Titre : Essai de reconstitution de milieu du site à subfossile de Tsaramody Sous Bassin de Sambaina-Antsirabe

Encadreur : Dr. RASOAMIARAMANANA Armand



Résumé

Ankeniheny- Tsaramody est un site à subfossiles dans le Sous-bassin de Sambaina-Antsirabe. Des expéditions y sont menées en 2015, durant lesquelles 596 restes subfossiles ont été récoltés dans deux niveaux fossilifères NF1 et NF2. Par la méthode de l'Anatomie Comparée, le quart des échantillons a pu être déterminé anatomiquement et taxonomiquement. Cette détermination taxinomique a permis d'identifier huit genres et six espèces dont des espèces disparues telles que *Mullerornis*, *Aldabrachelys*, *Hippopotamus lemerlei*, *Aepyornis hildebrandti*, *Voay robustus*, caractéristiques de la faune du Plio-Quaternaire de Madagascar, ainsi que des Oiseaux aquatiques vivant encore actuellement tels *Anas erythrorhynca*, *Asio madagascariensis*, et *Egreta alba*. Les plus abondants parmi les matériels trouvés appartiennent au genre *Hippopotamus* et la dent est l'élément la mieux conservée. La modalité de la mort de cette faune est étroitement liée à la dernière phase du volcanisme de l'Ankaratra. Par l'application du Principe de l'Autoécologie, il est supposé qu'Ankeniheny était un vaste marais entouré d'une forêt claire.

Mots clés : Subfossiles, Taphonomie, Systématique, Plio-Quaternaire, paléoenvironnement, Tsaramody

Abstract

Ankeniheny is a newly discovered subfossil site in the Sous Bassin de Sambaina-Region d'Antsirabe. During expeditions in 2015, the team identified two fossiliferous levels NF1 and NF2 and collected 596 fossils. Using comparative anatomical methods, approximately one quarter of these specimens could be determined anatomically and taxonomically. This determination taxonomically identified eight genera and six species including extinct species; some characteristic of Madagascar's fauna from the Pliocene-quaternary (e.g., *Mullerornis*, *Aldabrachelys*, *Hippopotamus lemerlei*, *Aepyornis hildebrandti*, *Voay robustus*), and modern water birds including *Anas erythrorhynca*, *Asio madagascariensis*, and *Egretta alba*. The most abundant material is that of *Hippopotamus* bones, but teeth are often the best-preserved elements. The death of this fauna appears to be closely related to Ankaratra volcanism. The paleoecological analysis reveals that Ankeniheny was a large marsh surrounded by woodland.

Keywords: subfossil, taphonomy, Systematic, Plio-quaternary, paleoenvironment, Tsaramody