

Sur l'extinction des Vertébrés subfossiles et l'aridification du climat dans le Sud-Ouest de Madagascar

Description des gisements Datations absolues

par JOËL MAHÉ * et MICHEL SOURDAT **

Sommaire. — La datation au carbone 14 des Vertébrés subfossiles malgaches prouve que leur extinction commencée il y a 3 000 ans avait connu deux maxima il y a environ 2 200 et 1 200 ans. Les industries humaines quant à elles sont datées de 1 000 ans environ et rien ne laisse supposer que les premières migrations leur fussent de beaucoup antérieures.

La disparition des espèces subfossiles ne pouvant donc être imputée au seul facteur humain s'inscrit dans le cadre plus général de l'évolution: l'examen géomorphologique et pédologique des sites fossilifères permet de conclure à une aridification progressive du climat et du milieu naturel; quelques espèces inadaptées aux conditions finales de par leur trop grande taille se sont rassemblées et éteintes autour de quelques points d'eau privilégiés, résurgences de la circulation karstique.

Le premier gisement de Vertébrés subfossiles malgaches a été trouvé en 1866 par A. Grandidier à Ambolisatra, à 35 km au N de Tuléar. Cette découverte fut suivie de beaucoup d'autres grâce à l'impulsion donnée par l'Académie Malgache et aux expéditions des explorateurs naturalistes, à la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle.

Les nombreuses récoltes effectuées ont permis de reconstituer une faune extrêmement originale, surtout composée de groupes qui ont complètement disparu de nos jours (Aepyornitidés, Hippopotames) ou qui ne sont plus représentés que par des formes de taille réduite (Tortues terrestres, Lémuriens).

* Lab. de géologie. Fac. des sciences. Tananarive (Rép. malgache).

** Section de pédologie. Centre O.R.S.T.O.M. de Tananarive.

Note présentée à la séance du 8 novembre 1971, manuscrit définitif reçu le 16 mars 1972.

En dehors de quelques sites privilégiés tels que les gouffres des pays karstiques et les grottes (Ankazoabo, Ankarana, Andrahomana), la plupart des gisements sont localisés dans des dépressions fermées à caractère marécageux qui se répartissent en deux ensembles.

— Ceux des Hautes Terres, liés aux massifs volcaniques de l'Itasy et de l'Ankaratra dont les coulées, barrant les cours d'eau, ont occasionné en amont des marécages.

— Ceux du littoral SW, entre Morondava et le Cap Sainte-Marie où existent d'importants appareils dunaires; des marécages se sont constitués également par barrage, en arrière des crêtes.

La présente étude concerne quatre gisements du SW, en pays Mahafaly et Karimbola: Itampolo, Bemafandry, Bevoalavo et Anavoaha, fouillés méthodiquement par Lambertson en 1931 et 1936, par Mahé en 1966 et reconnus de nouveau en 1969. Des observations et datations recueillies sur d'autres gise-

15 FEV 1974
B.S.G.F., (7), XIV, 1972.
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence
n° 6656 Peds

ments seront également citées à l'appui de nos conclusions.

Les études publiées jusqu'à ce jour concernaient exclusivement le matériel fossile (anatomie comparée et phyteogénie) et n'accordaient que peu d'importance à la situation des gisements. Cela n'est pas étonnant si l'on considère que l'étude stratigraphique et climatologique du Quaternaire est en plein développement et que la description des paysages n'a pris que depuis peu un caractère systématique, faisant appel à des disciplines ou techniques relativement jeunes (pédologie, datation absolue, photographie aérienne...). Pour l'Extrême-Sud de Madagascar il appartenait à Battistini [3] d'en rédiger la synthèse en l'appuyant sur une chronologie cohérente des variations eustatiques et climatiques post-tertiaires. Ses conclusions ont été étendues et précisées depuis pour l'ensemble de l'île et particulièrement pour les Hautes Terres Centrales par Bourgeat [7].

Il nous sera donc possible de rapprocher les données acquises par l'étude du matériel fossile de celles qui résultent de l'analyse morphologique des sites pour reconstituer les conditions géoclimatiques dans lesquelles le paysage et la faune du SW de Madagascar ont évolué.

I. — LE CADRE RÉGIONAL.

1) Géologie et géomorphologie.

L'extrême-Sud de Madagascar est formé face au Canal de Mozambique par les pays Mahafaly et Karimbola.

Le pays Mahafaly s'étend de l'Onilahy à la Menarandra. Il est constitué d'un large plateau karstique et d'une étroite plaine côtière. Ce plateau de calcaires marins éocènes, sédimentés dans la partie S du bassin de Morondava, est limité à l'W par une falaise d'origine probablement tectonique. La plaine est constituée par diverses formations dunaires qui fossilisent parfois la falaise de l'Eocène, et s'étaient en contrebas. Elles représentent l'Aepyornien, substitut malgache du Quaternaire.

Le pays Karimbola s'étend de la Menarandra à la Manambova de part et d'autre du Cap Sainte-Marie; il est formé essentiellement par l'Aepyornien dunaire ancien qui pénètre largement à l'intérieur des terres, et recouvre soit l'Eocène, soit le biseau sédimentaire néogène résultant du grand aplanissement intérieur sur socle, soit le socle lui-même. La plaine côtière est étroite, constituée par l'Aepyornien moyen et récent (fig. 1).

Battistini range dans l'Aepyornien tous les dépôts

mis en place postérieurement aux épandages continentaux azoïques présumés néogènes et caractérisés par la présence de débris d'œufs d'Aepyornis. On ne peut affirmer qu'il débute avec le Quaternaire européen. Au cours de cet épisode, la mer a laissé les traces de trois maximums dits Tatsimien, Karimbolien et Flandrien, suivis de trois importants reculs marqués par une intense activité éolienne. Les formations dunaires sont désignées par les mêmes noms que les maximums marins bien que développées au cours des régressions.

Ces formations dunaires se sont constituées dans des conditions analogues. Elles sont formées de dunes paraboliques ou en vagues, souvent groupées en longues avancées linguiformes; elles ont été poussées par des vents de secteurs SSE ou SE et n'ont été alimentées en sables que dans la mesure où l'orientation de la côte était oblique par rapport à celle des vents dominants.

Dans leur morphologie on remarque soit des crêtes — à l'échelle des dunes isolées — soit des fronts de déferlement — à l'échelle des avancées linguiformes — qui enferment des sillons interdunaires et des dépressions barrées dites en langage local : *sira-sira*.

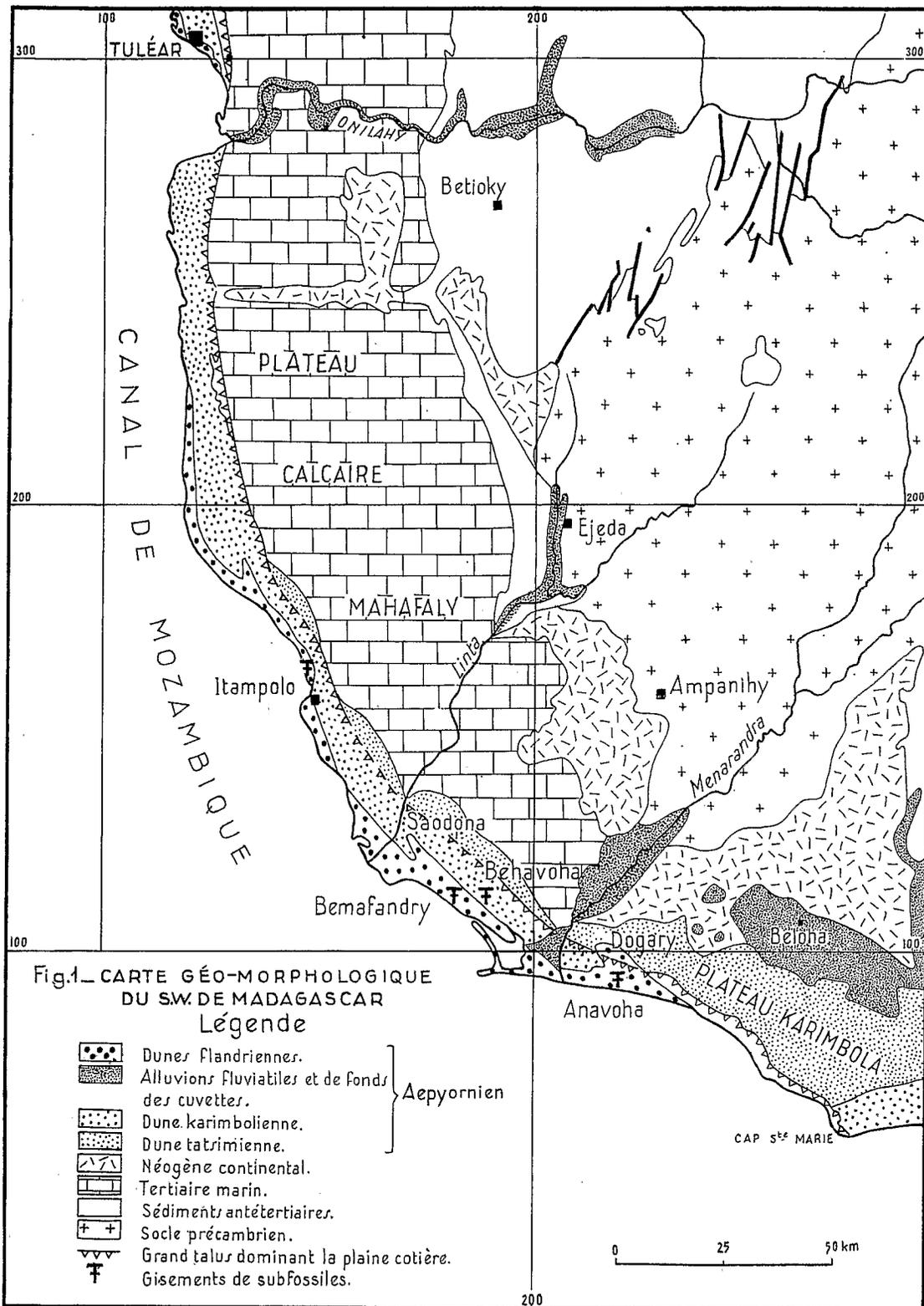
Au cours des épisodes karimbolien et flandrien, les transgressions marines ont entaillé en falaise les dépôts dunaires grésifiés corrélatifs de l'épisode précédent, et les transgressions dunaires ont ultérieurement fossilisé ces falaises.

Pendant les intervalles qui ont séparé les maximums marins, intervalles au cours desquels se sont constitués et ont évolué les diverses formations dunaires ont été très inégaux en durée. Les dépôts tatsimiens sont d'une grande puissance (là du moins où ils sont représentés) et aplanis par l'érosion; les dépôts karimboliens sont plus modestes et de reliefs plus ou moins vifs: le relief du Flandrien n'a presque pas évolué. Quant aux formations actuelles, leur ampleur n'est comparable aux précédentes que dans la mesure où elles les rajeunissent et remettent en mouvements leurs matériaux.

A la série des transgressions dunaires s'ajoute une formation originale attribuée par Battistini à un pluvial-postkarimbolien dit Lavanonien; il s'agit de dépôts hétérométriques peu évolués qui occupent les bas de pentes et sont parfois en rapport avec les terrasses alluviales, particulièrement à l'W de l'embouchure de la Menarandra.

2) Pédologie et climatologie.

Pour établir l'existence de modifications du climat de l'Extrême Sud, avant et au cours de l'Aepyornien,



Battistini s'est appuyé sur des arguments variés. Nous retiendrons ici les arguments pédologiques, pressentis par Hervieu en 1959. Dans l'intérieur du pays Mahafaly le grand aplanissement fini-tertiaire a respecté les témoins de formations latéritiques érodées et cuirassées : il y a donc lieu de penser que la fin du Tertiaire a été marquée par une phase tropicale humide (pluviale) et une phase displuviale.

En ce qui concerne les dépôts de l'Aepyornien ancien ils ont évolué fortement (sables roux-rouges tatsimiens) ou modérément (sables roux-clairs karimboliens), sous forme de *sols à sesquioxides* couvrant le matériau originel dunaire enrichi en calcaire et grésifié.

Des phases arides ont vraisemblablement présidé à la mise en place des matériaux. Par contre l'entraînement total du calcaire en profondeur réclame l'intervention de précipitations abondantes et régulières; la rubéfaction suppose des régimes humides à saisons contrastées.

On constate par contre que toutes les formations rajeunies ou déposées postérieurement au Flandrien présentent une évolution pédologique limitée à l'érosion, au transport et à la mise en équilibre des sels solubles sous l'influence alternée des précipitations et de l'évaporation. Seules sont représentées les classes de sols dits non évolués, peu évolués, calcimorphes, halomorphes et hydromorphes de la classification française [1]. Le calcaire reste présent dans les horizons et il n'y a aucun indice de rubéfaction actuelle, du moins dans sa phase initiale.

Dans les dolines du plateau karstique, on observe l'altération pelliculaire du calcaire et la rubéfaction des résidus au sein de paléosols rouges mais ces phénomènes ne se produisent que dans des conditions de pédoclimat héritées des périodes anciennes : le calcaire se dissout en effet plus aisément s'il est enfoui sous un matériau préalablement décalcifié. Le climat actuel serait impuissant pensons-nous à recréer ces conditions, à partir du matériau calcaire [20].

A travers la diminution d'intensité des phénomènes de lixiviation et de rubéfaction des sols, qui va de la phase latéritique pré-aepyornienne, à la phase de faible activité actuelle, on saisit une évolution des climats; non seulement les précipitations des phases pluviales anciennes ont été très importantes, mais il est probable que les displuviaux eux-mêmes étaient sensiblement plus humides que le climat actuel.

Pour expliquer la morphologie et la répartition des sols dans la région centrale de l'île, Bourgeat a invoqué l'alternance de climats displuviaux (Moramangien et Sambainien) et pluviaux (Ambovombien et post-Sambainien) dont il propose une chronologie originale étayée sur une solide information.

Il situe la durée du dernier pluvial entre les limites de 10 000 ans B.P. environ, et le maximum marin flandrien inclus. Le climat humide et peu contrasté de cette période aurait été favorable à l'approfondissement des sols dans un contexte *biostatique*.

Le dernier displuvial lui fait suite et se prolonge à l'heure actuelle : moins humide et plus contrasté il favorise l'érosion et le décapage des sols dans un contexte *rhéxistatique* [8].

Les pays Mahafaly et Karimbola sont soumis de nos jours à un climat *aride mégathermique* selon la classification de Thornthwaite (Riquier in [14]). La construction graphique du *bilan de l'eau* fait apparaître une évapotranspiration potentielle (ETP) trois fois plus forte que la pluviométrie (P) de sorte que le déficit en eau du sol est permanent, et le drainage théoriquement nul [19].

	P	ETP	Déficit	Drainage
AMPANIHY	572	1702	936	0
BELOHA	423	1525	1102	0
ANDROKA	305	1140	835	0

en mm d'eau d'après Riquier (1959)

Les chiffres de pluviométrie fournis par Aurouze [2] sont plus faibles encore que ceux que donne Riquier. Sa carte des isohyètes montre comment la diminution des précipitations depuis l'intérieur vers le littoral sud-ouest, fait de la côte Mahafaly le pays le plus aride de Madagascar (fig. 2).

II. — LES SITES FOSSILIFÈRES.

1) Itampolo.

Le village d'Itampolo se trouve en pays Mahafaly, à l'endroit où la plaine côtière est le plus étroitement resserrée entre la falaise karstique et la mer (fig. 3). A 2 km environ au N du village on peut observer successivement d'E en W :

— la falaise des calcaires éocènes, fossilisée sporadiquement par des placages résiduels de sables de couleur roux rouge (paléosols à sesquioxides très évolués) que l'on peut rapporter au Tatsimien;

— une plate-forme de grès friables, témoin du Karimbolien dunaire, parfois recouverte par les sables

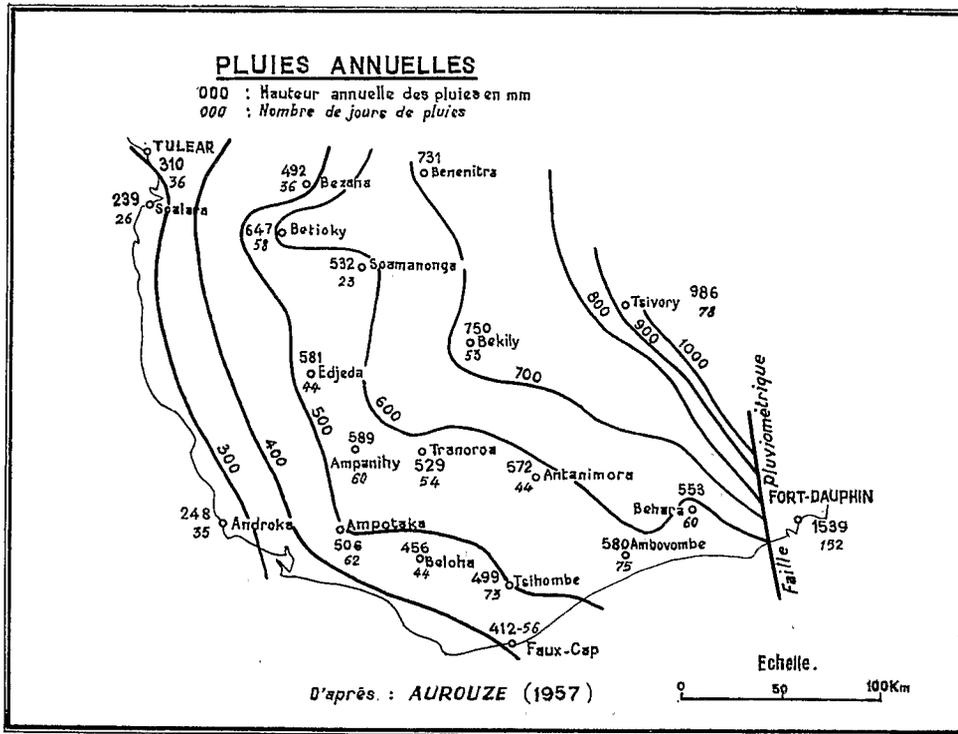


FIG. 2. — Répartition des pluies dans le SW de Madagascar.

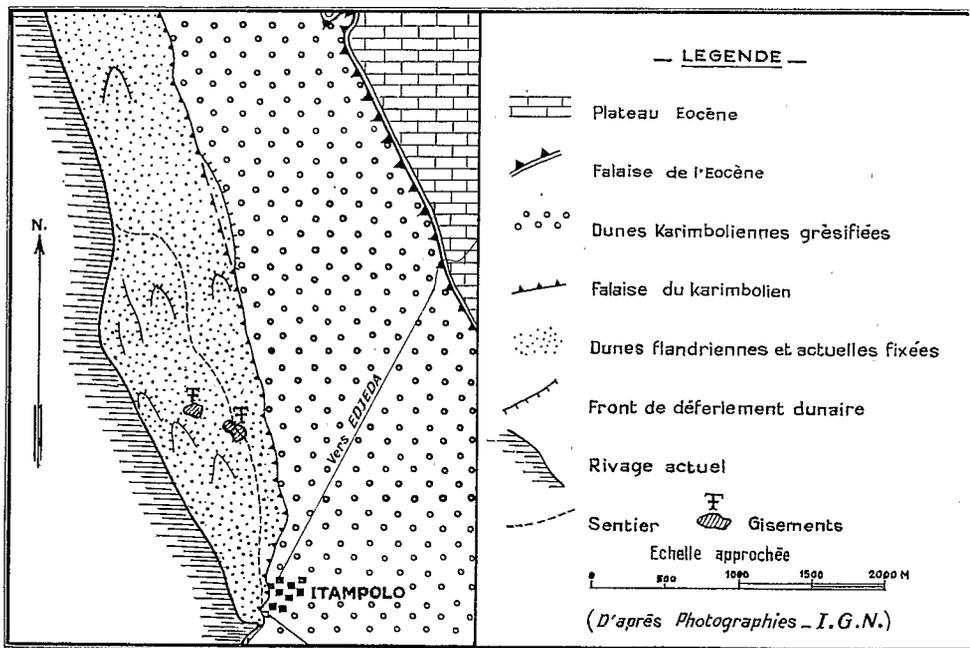


FIG. 3. — Gisements d'Itampolo.

de couleur roux clair (paléosols à sesquioxydes faiblement évolués), représentant la partie supérieure non consolidée de cet ensemble. La mer flandrienne a nettement limité cette plate-forme par une petite falaise, plus ou moins fossilisée par les dunes;

— les dunes flandriennes fixées par la végétation, formées en longs cordons ou en paraboles, légèrement obliques par rapport au rivage;

— le long de la plage, les formations dunaires actuelles coiffent le flandrien dont l'ancienneté relative ressort cependant de la présence en profondeur d'horizons grésifiés friables.

Les sites fossilifères sont constitués par de petites dépressions hydromorphes et salines barrées par les crêtes; la nappe saumâtre y est peu profonde. Il en existe une série dont deux seulement sont fossilifères.

Tout autour, les dunes flandriennes formées de sables grisâtres, abondamment calcaires, sont fixées par une association buissonnante où dominent *Pluchea grevei*, *Salvadora angustifolia*, *Zygophyllum depauperatum*, *Euphorbia stenoclada*. Les sira-sira eux-mêmes sont à fond plat, égal, couverts d'une pelouse rase à *Sporobolus* sp. Ils présentent en coupe des sols hydromorphes à gley, salins, développés sur des matériaux de colmatage stratifiés, sableux ou sablo-argileux.

0-60: horizon sablo-argileux de couleur grise moirée de taches sombres, massif dans l'ensemble et fortement tenu en surface par le faisceau racinaire du *Sporobolus*.

60-90: horizon assez nettement distinct, argilo-sableux, brunâtre, organique, contenant les os.
90-115: horizon de sable grésifié, discontinu, se fragmentant en blocs émoussés; la cimentation est due au calcaire.
115-125: nouvelle couche de sédiment organique fossilifère.
125: sables coralligènes grossiers, blancs (faluns).

La nappe remonte vivement à partir de l'horizon de faluns jusqu'au niveau 60 environ, de sorte que les horizons fossilifères ne peuvent être reconnus qu'à tâton, même en s'aidant d'une pompe à moteur.

Le gisement se trouve donc situé dans une formation post-flandrienne, à quelques dizaines de mètres en aval de la falaise flandrienne entaillée dans le Karimbolien dunaire.

2) Bemafandry.

Le petit village de Bemafandry en pays Mahafaly, est isolé au milieu du vaste ensemble dunaire de Saodona; en raison de l'orientation de la côte, oblique aux vents du SE, les formations dunaires tant aepyorniennes qu'actuelles sont très développées à cet endroit (fig. 4). La falaise karimbolienne, entaillant à la fois les formations éocène et tatsimienne, se trouve à 10 km environ à l'intérieur des terres. Quant à la falaise flandrienne, elle est remarquablement apparente sur photographies aériennes bien qu'une partie fossilisée par le Flandrien dunaire. Ce dernier est représenté par l'avancée linguiforme

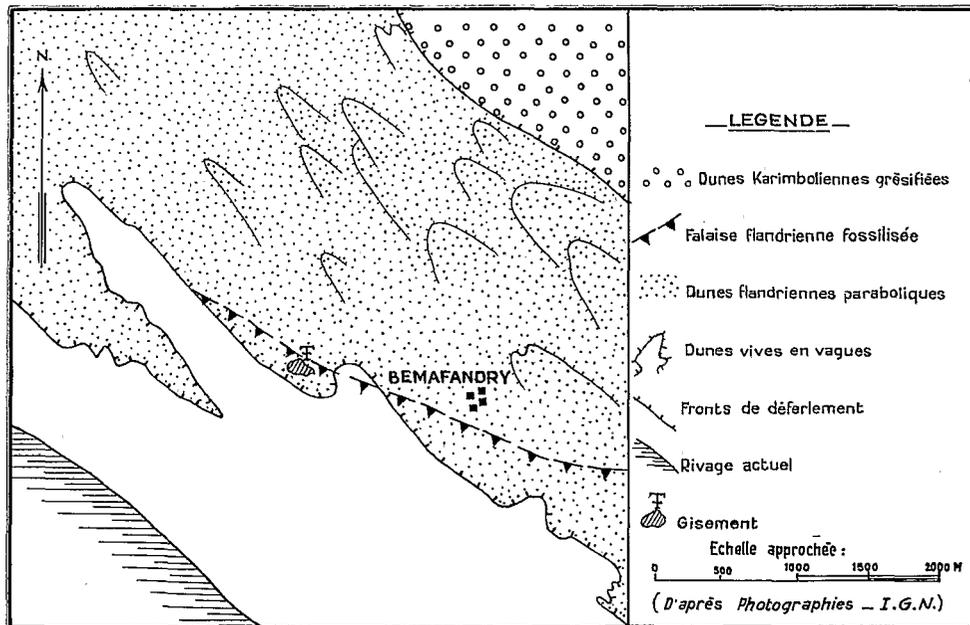


FIG. 4. — Gisement de Bemafandry.

de Saodona, fixée dans son ensemble sauf à la pointe et sur le flanc littoral où la déflation actuelle exerce un rajeunissement constant.

L'aspect du *sira-sira*, sa végétation et celle de l'entourage sont les mêmes qu'à Itampolo. Le sol est à gley, salin et légèrement sulfureux. Un encroûtement de sables grésifiés, très discontinu, en constitue la base et maintient sous pression la nappe qui diffuse dans les sables coralligènes sous-jacents. Les fossiles sont confondus plus ou moins avec l'horizon grésifié; la nappe ici encore rend l'exploration difficile.

Le gisement se trouve dans une situation bien déterminée par la présence de la falaise flandrienne fossilisée à peu de distance au N, et par le front de déferlement de la dune vive au S. Cette situation est la même qu'à Itampolo, et fait présumer que le *sira-sira* s'est formé par barrage et colmatage, au niveau de la plage flandrienne dont les faluns attestent l'existence.

3) Beavoha.

Il existe à proximité de Beavoha, non loin de Bevoalavo-Ouest, au S du pays Mahafaly, deux

gisements dits Etsara et Evombe. Le paysage et les *sira-sira* sont légèrement différents de ceux que nous avons décrits précédemment; le site se prête moins aisément à l'analyse morphologique (fig. 5).

En effet en raison sans doute de la présence à 10 km de l'estuaire de la Menarandra, les formations dunaires karimboliennes et flandriennes présentent des reliefs dégradés, peu distincts les uns des autres. Aux sables et aux grès dunaires sont associés des dépôts sablo-limoneux, calcaires, riches en débris de grès dunaires, roulés et encroûtés; on peut les apparenter au Lavanonien ou à la moyenne terrasse fluviale.

La falaise flandrienne longe un diverticule de la grande lagune de Bevoalavo, et les *sira-sira* fossilifères se trouveraient donc sur la plate-forme karimbolienne, en arrière de la falaise.

On peut cependant se demander si la mer flandrienne n'a pas pénétré dans le sillon que borde actuellement la limite NE du déferlement flandrien, et si l'escarpement correspondant ne se trouve pas rejeté localement en arrière des *sira-sira*. En effet, à Evombe, sous les horizons de sols à gley salin argileux du *sira-sira*, on retrouve un sable grossier gris bleu qui semble d'origine marine, et à Etsara

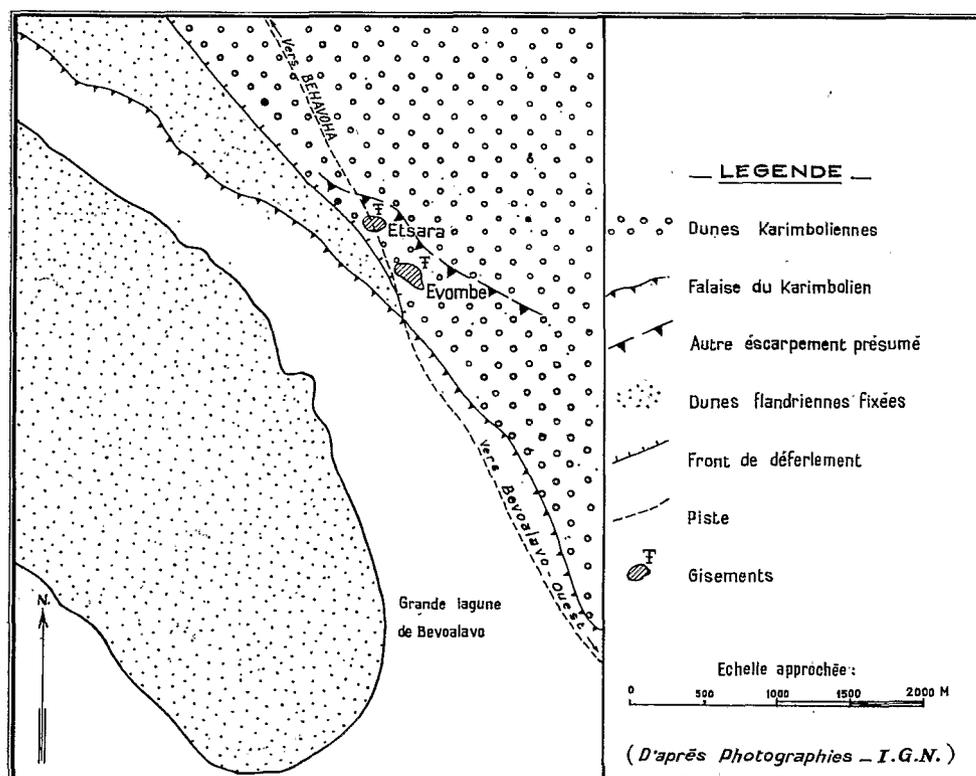


FIG. 5. — Gisements de Behavoha.

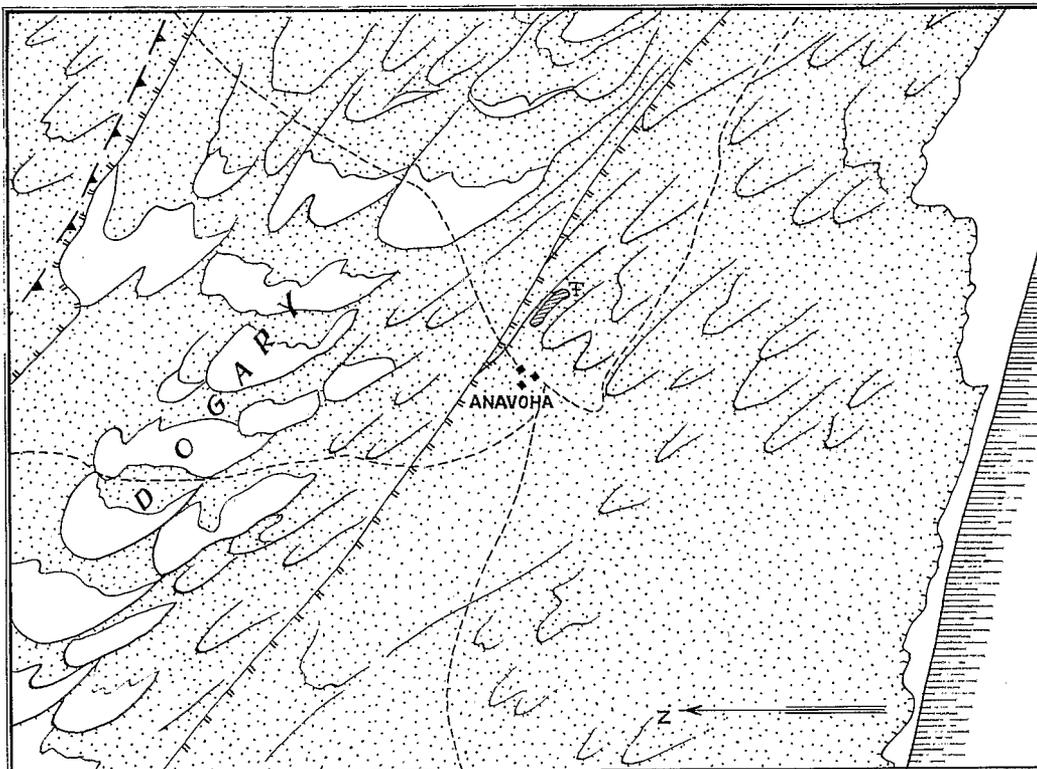
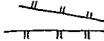


Fig. 6 — GISEMENT D'ANAVOHA — (D'après Photographies - I.G.N.)

Echelle approchée : 0 500 1000 1500 2000 M.

— LEGENDE —

-  Falaise du Tsimien fossilisée
-  Dunes flandriennes fixées
-  Dunes vives
-  Limites de l'avancée linguiforme du DOGARY formant front
-  Gisement
-  Sentier
-  Rivage

une partie de la dépression est occupée par une dalle de grès quartzeux à ciment calcaire, extrêmement résistante, qui pourrait être une formation du type beach-rock.

La dalle de grès d'Etsara couvre le *sira-sira*, et le gisement se trouve circonscrit dans une sorte de bassin où elle est absente. Vu son épaisseur, il est improbable que des morceaux en aient été enlevés

et le sapement périphérique du bassin n'en a fait effondrer que quelques blocs. Nous pensons pouvoir affirmer que les fossiles ne se trouvent ni sous la dalle en place, ni sous les blocs effondrés du pourtour, mais seulement dans les limites du bassin, ce qui suppose que celui-ci était déjà ouvert à l'époque où le gisement s'est constitué.

4) *Anavoha*.

Anavoha se trouve également au milieu des dunes en pays Karimbola. L'analyse morphologique du site est malaisée en raison de l'ampleur exceptionnelle et de la complexité des édifices dunaires qui constituent le massif du Dogary (fig. 6).

Parmi les formations post-flandriennes, Battistini ne distingue pas moins de 5 avancées linguiformes qui se chevauchent partiellement les unes les autres. Le *sira-sira* fossilifère occupe un sillon de l'une des plus anciennes; il est dominé au N par l'avancée plus récente qui constitue le Dogary proprement dit.

Tandis que le grand talus des grès tatsimiens est aisément repérable au N sous le Flandrien, le petit talus du Karimbolien par contre est fossilisé de telle sorte qu'on ne saurait reconnaître son tracé avec certitude comme à Bemafandry.

On observe cependant sur photographies que l'avancée linguiforme de Tsialoaky, située à 10 km à l'E, est traversée par une ride rectiligne sans rapport avec la morphologie éolienne; cette ride est dans l'alignement de la haute et longue frange dunaire qui borde le Dogary au S et domine directement *Anavoha*. Il n'est donc pas invraisemblable que ces deux reliefs alignés chevauchent le tracé de la falaise flandrienne. Ils rejoignent d'ailleurs les affleurements karimboliens signalés aux extrémités E et W du massif.

Dans cette hypothèse le gisement fossilifère se trouverait encore bien compris entre le talus du Karimbolien et les formations post-flandriennes.

A l'issue de ces descriptions, deux observations générales peuvent être soulignées. Les *sira-sira* fossilifères d'une part sont très proches de la petite falaise flandrienne qui limite l'Aepyornien ancien: ils occupent le haut de l'ancienne plage. Les barrages dunaires d'autre part se sont mis en place pendant que la mer se retirait, mouvement qui semble s'être amorcé il y a 3 700 ans, à partir d'une cote voisine de 1,4 m [4], et avoir comporté plusieurs paliers.

III. — DATATIONS ET DONNÉES ARCHÉOLOGIQUES.

La plupart des datations absolues effectuées sur des sites malgaches, l'ont été dans le Laboratoire du Professeur K. Kigoshi de l'Université Gakushuin à Tokyo, par la méthode du radio-carbone. Les datations ont porté sur des ossements ou des morceaux de bois carbonisé, et sont exprimées en années à partir de 1950 (B.P.).

1) *Datations absolues des sites subfossiles.*

Itampolo :

bois prélevé à 120 cm (fond de la couche ossifère)
1968 GaK-1652 2290 ± 90 B.P.

Une datation antérieure avait fourni [5]

os d'Hippopotame prélevé à 15 cm
1964 GaK-1506 980 ± 200 B.P.

Bemafandry :

bois prélevé à 98 cm (fond de la couche ossifère)
1968 GaK-1656 1980 ± 90 B.P.

fragment de carapace de Tortue prélevé au contact du précédent
1968 GaK-1655 2060 ± 150 B.P.

Behavoha :

fragment de carapace de Tortue prélevé à 148 cm (fond de la couche ossifère)
1968 GaK-1658 2160 ± 110 B.P.

Anavoha :

bois prélevé à 77 cm
1968 GaK-1654 1954 ± 110 B.P.

Ces résultats sont à rapprocher des datations obtenues pour d'autres sites :

Lamboharana :

(gisement du même type que les précédents)
ossements prélevés à 40 cm
1969 GaK-2310 1220 ± 80 B.P.

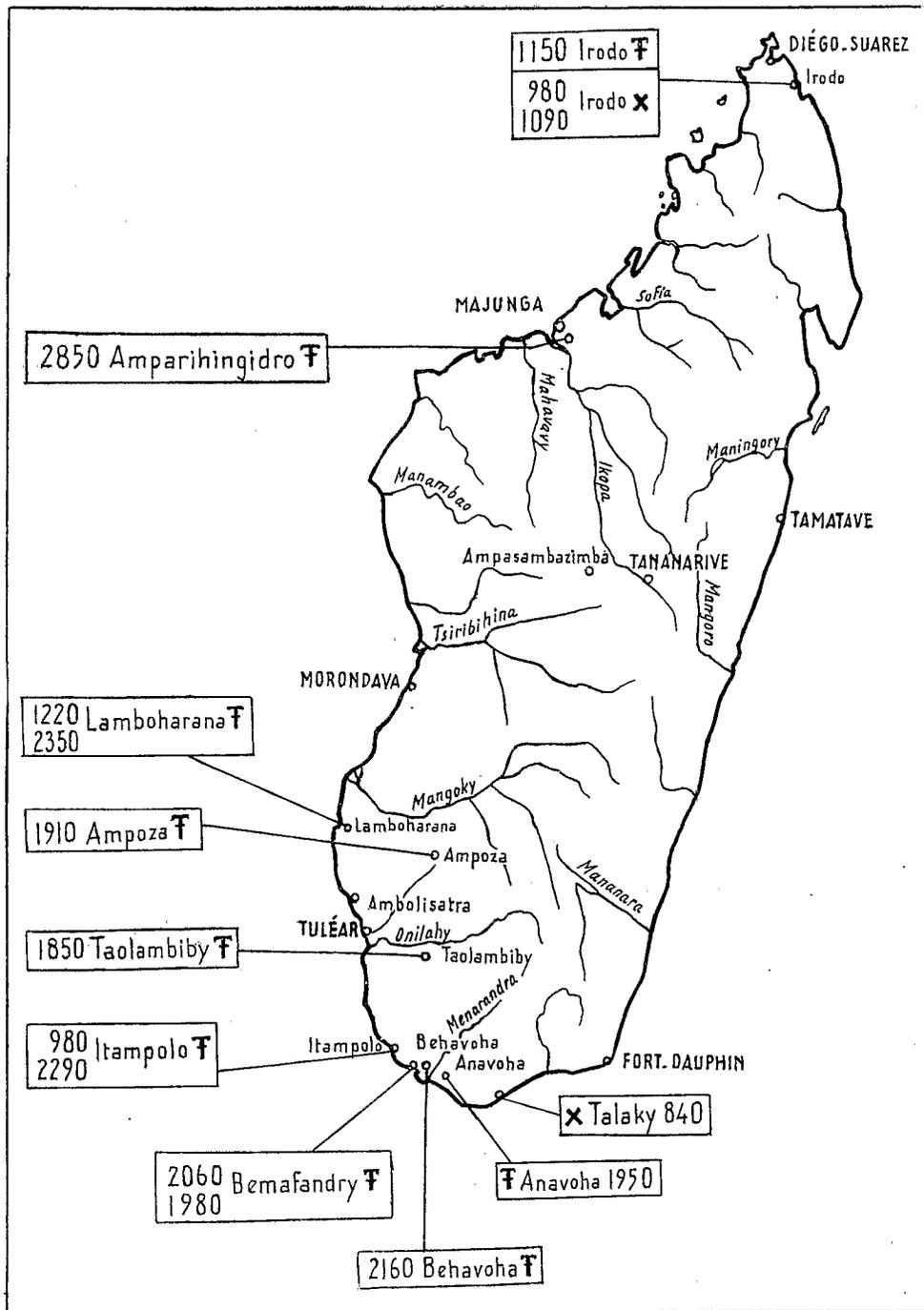


FIG. 7. — Répartition des gisements subfossiles F et des sites archéologiques x datés au radio-carbone.

ossements prélevés à 60 cm
(fond de la couche ossifère)
1969 GaK-2307 2350 ± 120 B.P.

Amparihingidro :

(dépression fermée en contrebas de la falaise éocène)
bois prélevé à 220 cm (fond de la couche ossifère)
Gif sur Yvette [17] 2850 ± 200 B.P.

Irodo Tafiampatsa :

(dune flandrienne)
débris d'œuf d'*Aepyornis*
GaK [5] 1150 ± 90 B.P.

Ampoza :

(dépression marécageuse recoupée par la rivière Sakavanaka)
ossements prélevés à 200 cm (au fond de la couche ossifère)
1969 GaK-2309 1910 ± 120 B.P.

Taolambiby :

(sol à gley au pied d'une cuesta)
ossements de Tortues prélevés à 1,90 m
1968 GaK-1651 2290 ± 90 B.P.

Les matériaux fossiles ainsi datés occupent dans le temps des positions remarquables représentées graphiquement par la figure 8, qui donne lieu aux remarques suivantes :

— A Bemafandry les débris animaux et végétaux sont exactement contemporains les uns des autres; ailleurs ils se répartissent dans les mêmes intervalles chronologiques qui semblent donc avoir été favorables à la fois à la sédimentation des *sira-sira* et à l'accumulation des ossements.

— Les *sira-sira* se colmatent simultanément et semblent avoir connu leur plus grande activité entre 2 300 et 2 000 ans B.P. (2 900 ans dans le cas particulier d'Amparihingidro situé dans le NW de l'île); ce phénomène accompagne donc bien le retrait de la mer flandrienne.

— Les niveaux les plus récents sont datés uniformément de 1 200 à 1 000 ans B.P.

— Aucune datation ne correspond à une époque intermédiaire. Il est possible d'expliquer simplement cette lacune par l'étagement des échantillons, qui dans presque tous les cas ont été prélevés soit à la base, soit au sommet des couches ossifères. Cependant si l'on remarque que dans le gisement de Lamboharana, des prélèvements qui n'étaient pas distants de plus de 20 cm à la verticale, se situent aussi dans les intervalles chronologiques extrêmes, soit 2 350 et 1 220 ans B.P., on peut penser qu'il y eut effectivement deux périodes distinctes, marquées à la fois par des hécatombes animales et par le colmatage actif des *sira-sira*.

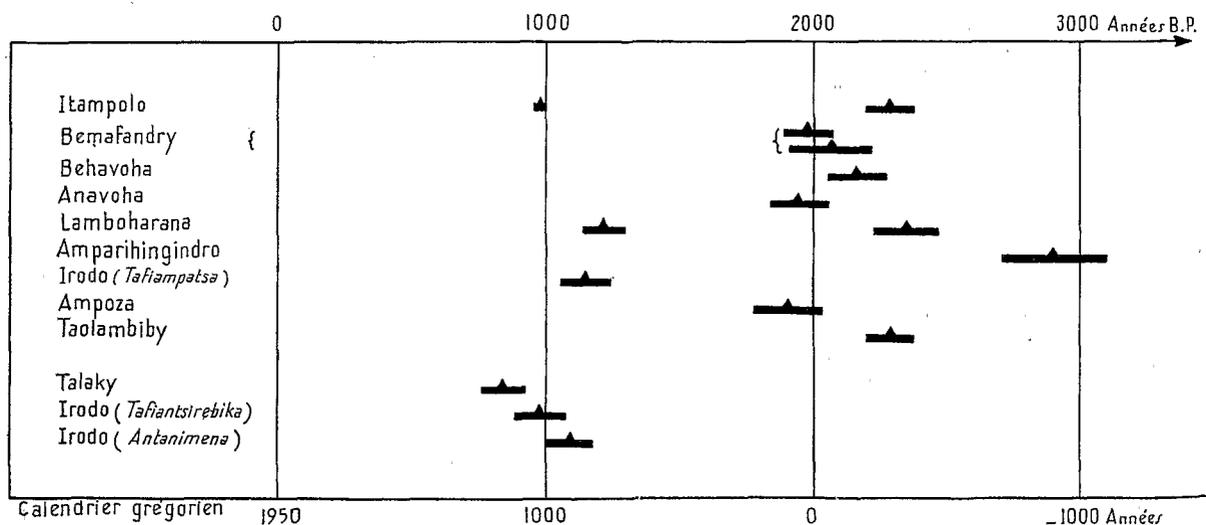


FIG. 8. — Datations au radio-carbone des gisements de subfossiles et des sites.

2) *Datations absolues des industries humaines.*

Les résultats précédents sont à rapprocher d'autres datations effectuées sur les sites archéologiques les plus anciens qui soient actuellement connus à Madagascar :

Talaky :

charbon prélevé à 20 cm
1963 GaK-276 (Battistini -
Vérin-Rason 1963 in [5]. 840 ± 80 B.P.

Irodo (Antanimena) :

débris d'un récipient en bois
1963 GaK-350 b [5] 980 ± 100 B.P.

Irodo (Tafiansirebika) :

coquille de Gastéropode
comestible
1966 GaK-692 (idem) 1090 ± 90 B.P.

Ces datations prouvent que l'Homme était implanté dans les régions côtières de Madagascar il y a un millénaire environ.

H. Deschamps¹ évalue la date des premiers voyages ayant abouti à l'implantation de l'Homme à Madagascar entre la date d'apparition du fer en Indonésie (de 300 ans avant à 200 après J.C. suivant les évaluations) et la date du début de l'Indouisation de cette région. Mais l'auteur indique lui-même que cette conversion qui a commencé au II^e siècle en Malaisie et à Java n'est pas encore achevée de nos jours. C'est pourquoi la date proposée du VIII^e siècle nous semble déjà une limite d'ancienneté, d'autant plus que les datations absolues ne paraissent pas confirmer une arrivée de l'Homme si précoce, ni dans la datation des sites archéologiques, ni surtout, précisément, dans les sites subfossiles.

3) *Coexistence de l'Homme et de la faune subfossile selon l'archéologie et la tradition orale.*

La contemporanéité des derniers représentants de la faune subfossile et de l'Homme était déjà connue par certains récits et par la juxtaposition dans les niveaux supérieurs des gisements d'ossements de subfossiles et de traces d'industries humaines :

En 1658,, Flacourt [9] écrivait :

Vouron-Patra : « C'est un grand Oyseau qui hante

les Ampastres, et fait des oeufs comme l'Autruche, c'est une espèce d'Autruche, ceux des dits lieux ne le peuvent prendre, il cherche les lieux les plus déserts ».

Connaissant la scrupuleuse exactitude des descriptions de Flacourt, ce passage permet de supposer qu'à cette époque l'*Æpyornis* était encore vivant ou que sa disparition était très récente et que les Antandroy en gardaient alors le souvenir. Plusieurs autres voyageurs ont fait état de récits ou de légendes ayant trait à des Oiseaux gigantesques, mais actuellement le terme de Vorompatra est oublié dans le S.

Quelques pages avant, Flacourt donne une description qui ne s'applique à aucun animal vivant; sans doute doit-on y voir un grand Lémurien à face courte comme le Paléopropithèque :

« Tretretrete ou Tratratratra, c'est un animal grand comme un veau de deux ans, qui a la teste ronde, et une face d'homme : les pieds de devant comme un singe, et les pieds de derrière aussi. Il a le poil frisé, la queue courte, et les oreilles comme celles d'un homme. Il ressemble au Tanacht, décrit par Ambroise Paré. Il s'en est venu un proche l'estang de Lipomami aux environs duquel est son repaire. C'est un animal fort solitaire, les gens du pays en ont grand peur, et s'enfuient de luy, comme luy aussi d'eux ».

Kaudern a recueilli en 1912 sur les bords du lac Kinkony des traditions orales relatives à l'« Ombyrano » (Bœuf d'eau) qui semblent se rapporter à l'Hippopotame qui, d'après les indigènes, vivait encore dans le lac.

A Ampasambazimba, il a été découvert en pleine couche ossifère une jarre très semblable au récipient encore utilisé sur les hauts plateaux par les femmes pour chercher de l'eau à la fontaine. Le même gisement a fourni un morceau de bois que certains auteurs ont considéré comme le manche d'une hache dont la lame aurait été taillée dans un tibia de *Mullerornis* [10].

Le gisement côtier de Lamboharana a livré de volumineuses dents percées de *Cheiromys*, qui ont peut-être servi de parure aux hommes contemporains des grands subfossiles [12].

Les niveaux supérieurs d'un certain nombre de gisements montrent, étroitement associés à des ossements d'animaux maintenant disparus, des restes d'animaux domestiques, bœufs, chiens, chats, dont la présence ne s'explique que si on admet l'arrivée de l'Homme et de son cortège de commensaux.

Enfin, signalons que des traces de percussion ont été relevées par divers auteurs sur des crânes de Lémuriens. On peut se demander toutefois si la plupart des fractures décrites ne sont pas liées au mode de gisement : la remontée de l'eau dans les

1. DESCHAMPS H. (1961). — Histoire de Madagascar. Paris, Berger-Levrault, édit., 348 p.

fosses au-dessus du niveau ossifère étant irrésistible même avec une grosse pompe d'épuisement, la récolte se fait sans qu'il soit possible de voir les pièces qui portent souvent l'empreinte caractéristique du fer d'« angady », la bêche malgache.

IV. — CAUSES DE L'EXTINCTION DES SUBFOSSILES.

1) Conditions générales de la disparition des espèces animales.

Il est probable que l'extinction massive de la faune subfossile est à replacer dans le cadre beaucoup plus large du problème de la disparition et du renouvellement des faunes et des flores au cours de l'histoire de la Terre. L'environnement biologique qui a vu s'éteindre les grandes Tortues, les Ratites et les grands Lémuriens à une époque récente, ne va pas sans évoquer la fin du Crétacé qui est marqué par l'hécatombe, entre autres, des grands Reptiles qui se sont épanouis au cours de l'ère secondaire : comme à Madagascar, ce sont essentiellement les formes géantes qui disparaissent, tandis que les groupes voisins, représentés par des formes de petite taille, subsistent au cours de l'ère tertiaire qui verra leur prodigieux développement.

Dans les cas d'extinctions massives et soudaines de Vertébrés, les causes sont à rechercher dans la combinaison de facteurs internes et externes : les facteurs internes expliquent les répercussions immenses que peuvent avoir d'infimes modifications du milieu extérieur; en effet, à la fin du Secondaire, comme à une époque récente à Madagascar, la faune se voit engagée dans une impasse évolutive : comme cela s'est répété plusieurs fois au cours de l'histoire de la vie, les fins de phylums se manifestent par des formes géantes, massives et lourdes, étroitement spécialisées à un biotope à caractères bien définis. Le gigantisme est lié à un hyperpituitisme comme l'ont montré les travaux de T. Edinger (1941) sur des Mullerornis et des Aepyornis de tailles croissantes et de Ch. Lambertson [15] sur les grands Lémuriens (*Palaeopropithecus* et *Megaladapis*). Ces formes sont alors incapables de s'adapter à de faibles variations des composantes caractérisant le milieu. Ceci explique que plusieurs phénomènes aient pu jouer conjointement pour amener l'extinction des subfossiles malgaches et que divers facteurs parfois purement locaux, qui n'ont agi que sur une partie d'entre eux, ont cependant favorisé l'action des autres facteurs en amoindrissant la résistance des populations et en réduisant le nombre de leurs représentants.

Les extinctions quaternaires sont de plus marquées par un phénomène nouveau, qui a introduit un bou-

versement essentiel dans les équilibres biologiques : l'apparition de l'Homme.

P.S. Martin [18], se basant sur des mesures de chronologie absolue, a souligné le synchronisme entre l'apparition de l'Homme et la disparition d'une grande partie des Mammifères :

En Amérique du Nord, trente-cinq genres de Mammifères de grande taille, représentant plus de 70 % du nombre total de ceux dont le poids dépasse 50 kg, se sont brusquement éteints peu après l'apparition d'outils en pierre, il y a environ onze mille ans, tandis que durant les deux millions d'années précédentes, treize genres de grands Mammifères seulement étaient disparus.

En Afrique, l'examen de la faune actuelle montre l'extinction de près de 40 % des grands Mammifères qui vivaient au Pléistocène ancien. Les gisements dont l'âge est de l'ordre de 40 000 ans montrent une association temporaire de la faune du milieu du Pléistocène et d'outils chelléens-acheuléens.

A Madagascar, seize genres de Vertébrés se sont éteints au Quaternaire récent.

La rapidité même de l'extinction est caractéristique de l'action humaine. Rappelons que les Tortues géantes terrestres de l'île Rodriguez ont été décimées en quelques années au milieu du XVIII^e siècle².

2) Extinction des subfossiles malgaches.

Pour cette faune se trouvent également associés des facteurs internes dont une manifestation spectaculaire est le gigantisme, et des facteurs externes, l'aridification du climat et l'arrivée de l'Homme à Madagascar.

On peut s'interroger sur le fait que des animaux qui s'étaient perpétués au cours de l'Aepyornien ancien en dépit de variations non négligeables des conditions bio-climatiques n'ont pas survécu à la dernière en date de ces variations : or en dehors des gisements post-flandriens, seuls des débris de coquilles d'œufs d'Aepyornis sont connus. Il est possible que les rivages tatimiens et karimboliens aient comporté des marécages fossilifères mais qu'ils aient été enfouis sous les transgressions dunaires ultérieures, échappant ainsi aux investigations.

On peut également invoquer l'hypothèse d'une modification climatique post-flandrienne, plus rapide sinon plus intense que les précédentes et suivie d'effets plus décisifs.

2. VAILLANT L. (1885). — Remarques complémentaires sur les Tortues gigantesques de Madagascar. *CR. Ac. Sc.*, t. 100, p. 874-877.

Tandis que l'évolution du climat au cours de l'Aepyornien ancien avait consisté en oscillations progressives autour d'un type humide plus ou moins contrasté, ménageant pour les formations végétales et la faune des possibilités de survie et caractérisé du point de vue pédogénétique par la persistance de la rubéfaction, l'évolution post-flandrienne vers le type aride aurait constitué une « crise » impliquant la faible évolution des sols et le déclin des espèces animales inadaptées.

3) Rôles respectifs de l'aridification du climat et de l'intervention de l'Homme.

Notons tout d'abord que le rôle de l'Homme dans la destruction des grands Mammifères en Amérique du Nord et en Afrique n'est pas établi de manière certaine, car les datations absolues concernant ces périodes sont trop rares pour permettre d'inférer une relation de cause à effet. En particulier au Sahara, les variations climatiques du Pléistocène, marquées par des alternances de pluviaux et d'interpluviaux arides, peut-être même désertiques, ont eu certainement une influence déterminante sur la disparition des Fauves, des Cervidés et même de l'Homme. Or c'est précisément dans cette région que les extinctions de grands Mammifères ont été les plus nombreuses, tandis qu'en zones équatoriales et tropicales humides, les extinctions étaient plus rares.

L'existence d'animaux amphibies parmi les subfossiles avait suggéré aux premiers spécialistes que les climats humides de l'île s'étaient étendus autrefois jusqu'à l'Extrême-Sud et que ces animaux avaient disparu en raison de la régression pluviométrique. R. Decary résumait ainsi cette opinion dès 1930 [in 3] :

« La faune ne put s'habituer aux conditions de vie nouvelles. Lémuriens, *Aepyornis*, *Hippopotamus*, après s'être concentrés autour des points d'eau qui subsistèrent le plus longtemps (Ambovombe, Ambovotsimahay, Ampotaka), périrent les uns après les autres au bord de ces mares qui durent constituer leur dernier asile; leurs ossements s'y retrouvent jonchant le fond, ou enfouis dans le sol à une profondeur qui ne dépasse jamais 1 m. Les tortues géantes également périssaient. Seuls les crocodiles subsistaient tout en se modifiant légèrement... Ainsi, changement de climat amenant un dessèchement progressif, et comme conséquence directe une modification dans la flore et la faune, établissement du régime subdésertique, tels est le processus qui a conduit l'Extrême-Sud au stade actuel ».

Battistini ne se rallie pas à cette opinion et tient avec G. Grandidier, Perrier de la Bathie et Jodot pour l'influence déterminante de l'intervention hu-

maine : cette intervention aurait consisté non pas tant en une destruction directe qu'en une modification du biotope (déforestation, perturbation des régimes hydrologiques, etc.).

Notre étude peut apporter deux précisions aux arguments en présence.

D'une part il est prouvé que les gisements sont de plus de 1 000 ans antérieurs aux premières manifestations de l'Homme et à l'époque à laquelle les spécialistes (archéologues, anthropologues, etc.) s'entendent pour situer son arrivée à Madagascar.

D'autre part elle authentifie les gisements du SW en tant que points d'eau privilégiés.

Il est vraisemblable en effet que lors des « crises » de l'aridification, le nombre des points d'eau s'est réduit et que la faune s'est concentrée autour de quelques abreuvoirs mieux alimentés. Or il faut citer parmi les points d'eau remarquables du SW les résurgences de la circulation karstique dont quelques-unes apparaissent en contrebas du plateau éocène et d'autres au pied des formations aepyorniennes. C'est ainsi qu'en trois points au moins du littoral mahafaly des jaillissements d'eau douce se manifestent encore jusque sur l'estran et sont fréquentés à basse mer par les hommes et les animaux. (Lambetaka-masay, Mehadrano et Lambetabe, selon Aurorouze [2]). Notons que le gisement d'Amparihingidro situé à 10 km à l'E de Majunga se trouve également situé en contrebas du plateau calcaire éocène et tout proche de résurgences actives.

La situation remarquable des gisements fossilifères au pied de la falaise flandrienne laisse supposer que des résurgences s'y soient manifestées et que la faune chassée des plateaux calcaires par la soif se soit rassemblée aux alentours.

CONCLUSIONS.

La datation absolue des ossements de subfossiles et des industries humaines du SW de Madagascar prouve que l'Homme dont l'implantation dans l'île n'est pas estimée à plus de 1 000 ans B.P. n'a fait que parachever l'extinction de cette faune dont le déclin était déjà effectif entre 2 300 et 2 000 années B.P., dates des premières accumulations connues d'ossements; ces dates s'accordent aux conclusions de l'étude géomorphologique des *sira-sira* fossilifères dont la constitution est sans doute post-flandrienne.

Si la cause primordiale du déclin des subfossiles n'est pas l'Homme, ce ne peut être qu'une modification du climat et du biotope dont le processus envisagé déjà par Decary trouve sa justification dans la situation des sites fossilifères. Cette faune ne s'est

pas adaptée au climat aride qui s'est instauré en pays Mahafaly et Karimbola en même temps que se constituèrent les formations dunaires flandriennes postérieures au maximum marin. Quelques sécheresses plus marquées l'avaient concentrée et décimée autour des résurgences karstiques; la disparition de cette population amoindrie a été précipitée par l'Homme.

Dans cette perspective l'aridification post-flandrienne du climat prend le caractère d'une crise aiguë au cours de laquelle les sols cessent de s'approfondir

et de se rubéfier tandis que le biotope cesse de subvenir aux besoins de plusieurs espèces animales.

A une phase de biostasie succède une phase de rhéxistase; ce fait avait été pressenti déjà par Bourgeat qui l'avait généralisé de la région centrale à l'ensemble de Madagascar, expliquant la formation du relief et la répartition du monde vivant.

Sur la foi des datations absolues il est possible de situer les temps forts de cette crise pour la région SW au moins autour des années 2 000 - 2 300 B.P.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AUBERT G. (1965). — La classification pédologique en France. Pédologie. Symp. intern. 3, class. des Sols, p. 25-26, Gand.
- [2] AUROUZE J. (1957). — Carte hydrogéologique du S de Madagascar à l'échelle du 1/500 000 et notice explicative. *Serv. Géol. Madagascar*.
- [3] BATTISTINI R. (1964). — L'Extrême-Sud de Madagascar. Etude géomorphologique. Thèse Doc. Lettres. *Etudes malgaches*, n° 10 et 11, 636 p.
- [4] BATTISTINI R. (1970). — Etat des connaissances sur les variations du niveau marin à Madagascar depuis 10 000 ans. *C. R. Semaine Géologique de Madagascar*, p. 13-15.
- [5] BATTISTINI R. et VERIN P. (1966). — Les datations à Madagascar par la méthode du RC-14. *C. R. Semaine Géologique 1966*, Tananarive.
- [6] BATTISTINI R. et VERIN P. (1967). — Ecologic changes in Protohistoric Madagascar. In *Pleistocene Extinctions. The Search for a Cause*, by MARTIN P.S. and WRIGHT H.E., New Haven and London, Yale University Press.
- [7] BOURGEAT F. (1970). — Contribution à l'étude des sols sur socle ancien à Madagascar. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du Quaternaire. Thèse Doct. ORSTOM Tananarive, multigr. 310 p. et 1 annexe.
- [8] ERHART H. (1967). — La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. Biostasie et rhéxistase. Paris, Masson édit.
- [9] FLACOURT E. DE (1661). — Histoire de la Grande Ile de Madagascar. Paris, 1661.
- [10] FONTOYNONT - STANDING H.F. (1908). — Les gisements fossilifères d'Ampasambazimba. *Bull. Acad. Malg. Tananarive*, 1908, p. 3-12.
- [11] GRANDIDIER A. (1868). — Sur les découvertes zoologiques faites récemment à Madagascar. *C. R. Ac. Sc.*, Paris, 14 déc. 1868, t. 63, p. 1165-1167.
- [12] GRANDIDIER G. (1928). — Une variété de *Cheiromys madagascariensis* actuel est un nouveau *Cheiromys* subfossile. *Bull. Acad. Malg. Tananarive*, 1928, p. 101-107.
- [13] HERVIEU J. (1959). — Notice explicative sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n° 63, Ampanihy-Beloha. *IRSM. Tananarive*, 113 p.
- [14] HERVIEU J. (1967). — Géographie des sols malgaches. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. V, n° 1, 82 p., 5 cartes.
- [15] LAMBERTON Ch. (1938). — Contribution à l'étude de la faune subfossile de Madagascar. Lémuriens et Ratites. *Mém. Acad. Malg.*, Fasc. XVII, Tananarive 1930, 132 p., 43 pl.
- [16] MAHÉ J. (1965). — Les Subfossiles malgaches. *Revue de Madagascar*, Tananarive, 1965, n° 29, N.S., p. 51-58.
- [17] MAHÉ J. (1965). — Le gisement de subfossiles d'Ampanihingidro (Majunga). *C. R. somm. S.G.F.*, fasc. 2, p. 66.
- [18] MARTIN P.S. (1966). — Africa and Pleistocene overkill. *Nature*, vol. 212, n° 5060, p. 339-342.
- [19] RIQUIER J. (1959). — Le bilan hydrique des sols calculé d'après les données météorologiques courantes. Doc. multigr. n° A 1507, Serv. Géol. Madagascar, 113 p., 4 cartes, 105 graph.
- [20] SOURDAT M. (1969). — Notes de climatologie descriptives Région SW de Madagascar (Préfecture de Tuléar). ORSTOM, Tananarive, multigr. 27 p., 22 tableaux et 18 graph., bibliogr.