Biogéographie de Madagascar, 1996 : 1-17

PALEOGEOGRAPHIE ET VARIETE DES MILIEUX NATURELS A MADAGASCAR ET DANS LES ILES VOISINES : QUELQUES DONNEES DE BASE POUR L'ETUDE BIOGEOGRAPHIQUE DE LA « REGION MALGACHE »

René BATTISTINI

86, rue Gustave Flaubert 45100 Orléans, FRANCE

ABSTRACT.- Separated from Gondwana since the Mesozoic, Madagascar has the characteristics of a true continent, with complicated geology and varied morphology at low and high elevations. The extreme diversity of the largely endemic fauna and flora has developed in part because of a great variety in the natural environment. Diversity in the geomorphology and climate (ranging from per-humid to semi-arid) is examined successively. The Mascareignes, Comoro and Seychelles archipelagos and various smaller islands each form a biogeographical entity distinct from Madagascar. Landscapes and fauna have changed dramatically in the Malagasy area following the recent arrival of humans.

KEY-WORDS.- Madagascar, Paleogeography, Geomorphology, Climatology, Natural environments

RESUME.- Détaché du Gondwana au Mésozoïque, Madagascar a les caractères d'un véritable petit continent, avec une histoire géologique complexe et un relief varié comprenant des régions de basse altitude et des hautes terres. L'extrême diversité d'une flore et d'une faune largement endémiques a été favorisée par la grande variété des milieux naturels. La variété géomorphologique et climatique (allant du per-humide au semi-aride) sont successivement étudiées. Les archipels des Mascareignes, des Comores, les Seychelles et divers îlots isolés, constituent autant d'entités distinctes de la Grande Ile sur le plan biogéographique. L'arrivée récente de l'homme dans la région malgache a entraîné un véritable bouleversement dans les paysages et dans la faune.

MOTS CLES.- Madagascar, Paléogéographie, Géomorphologie, Climatologie, milieux naturels

INTRODUCTION

Bien que 300 km séparent la côte du Cap St André, à Madagascar, de la côte du Mozambique, Madagascar n'est pas une dépendance de l'Afrique sur le plan biogéographique. Madagascar est un véritable petit continent dont la flore et la faune ont évolué depuis très longtemps de manière autonome, même si la proximité du continent africain a permis, au cours de ce long isolement, des apports disparates dus au hasard, qui se sont ajoutés au fond ancien, et ont continué à évoluer en vase clos. L'originalité de la flore et de la faune, font de la Grande Ile un terrain d'étude privilégié pour les naturalistes. Le but de cet article est de présenter la grande variété des milieux naturels qui a permis l'extrême diversification de cette flore et de cette faune largement endémiques. Certains problèmes particuliers, importants pour l'étude biogéographique de la « région malgache », seront aussi examinés, comme les variations plio-quaternaires du

In: W.R. LOURENÇO (éd.)
Editions de l'ORSTOM, Paris

climat, les courants marins et l'intervention récente de l'homme qui a bouleversé les données naturelles et complètement transformé les paysages. Dans cette étude il faut distinguer d'une part la Grande Ile de Madagascar et les îles proches situées sur le plateau continental, d'autre part les nombreuses îles et groupes d'îlots plus éloignés, qui constituent ce qu'on a appelé la « région malgache ».

I - MADAGASCAR : UN MORCEAU DU GONDWANA

L'individualisation de Madagascar date de l'éclatement au Mésozoïque moyen du supercontinent de Gondwana (qui regroupait aussi l'Afrique, le continent des Seychelles, le Dekkan, l'Australie, l'Antarctique, et une partie de l'Amérique du Sud). On a beaucoup discuté de la place exacte de Madagascar dans cet ensemble. D'après RABINOWITZ *et al.* (1982) Madagascar se serait détaché des côtes somalienne, kenyane, et tanzanienne, et aurait commencé à dériver vers le sud au Jurassique moyen (vers 165 M d'années), entraînant dans son sillage les Seychelles et le Dekkan. L'existence d'un pré-Canal de Mozambique dès cette époque, contemporaine du début de l'ouverture de l'Atlantique, est attestée par l'affleurement d'un Bajocien-Bathonien marin bien développé dans la série sédimentaire de l'Ouest malgache. La situation à 135 M d'années montre un Canal de Mozambique déjà bien formé, avec l'Antarctique encore toute proche. La migration vers le sud se serait arrêtée il y a environ 125 M d'années (Crétacé inférieur). A ce moment le Canal de Mozambique a une largeur voisine de sa largeur actuelle. Le bloc seychellois reste proche, mais l'Inde s'est largement éloignée vers le nord-est. En d'autres termes, si l'isolement de Madagascar est tout à fait caractérisé au début du Crétacé, la séparation était déjà bien amorcée dès le Jurassique moyen.

II - UN PETIT CONTINENT AVEC UNE HISTOIRE GEOLOGIQUE ET UN RELIEF COMPLEXES

Si le facteur temps doit être invoqué en priorité pour expliquer la grande originalité de la flore et de la faune malgaches, un autre facteur a favorisé l'évolution et la différenciation des espèces : la variété des milieux naturels. Troisième île du monde par sa superficie (587 000 km^2) après la Nouvelle Guinée et Bornéo, Madagascar possède la diversité géographique d'un véritable petit continent, avec presque toute la gamme des milieux naturels et des niches écologiques que l'on peut inventorier dans le monde tropical. C'est cette diversité géographique qui a permis à la faune et à la flore d'acquérir son originalité, et, dans certains groupes, de se diversifier de manière si spectaculaire.

Madagascar est constitué par un vieux socle précambrien, varié au point de vue pétrographique, qui affleure sur les deux tiers de la surface de l'île, et disparaît à l'Ouest sous les terrains sédimentaires des deux bassins de Morondava et de Majunga. Ce vieux socle a été cassé dès la fin du Crétacé par des fractures subméridiennes qui ont donné à l'île une dissymétrie fondamentale sur le plan orographique : la descente est brutale du côté de l'Océan Indien, plus progressive vers le Canal de Mozambique. De cette dissymétrie orographique résulte une dissymétrie de l'hydrographie : les fleuves les plus longs sont tous tributaires du Canal de Mozambique, tandis que le versant oriental est drainé par des cours d'eau très nombreux, mais courts. A cela s'ajoute une dissymétrie climatique : le versant oriental, exposé à l'alizé du sud-est, reçoit les plus fortes

précipitations (2 à 4 m. par an), la pluviosité diminuant vers l'ouest et le sud-ouest, jusqu'à la semi-aridité de la région de Tuléar (350 mm.) et de l'Extrême-Sud.

Contrairement à l'Afrique voisine, Madagascar ne possède pas de très hautes montagnes, mais on y trouve des Hautes Terres avec un climat tropical d'altitude, typiquement montagnard, excluant toutefois le domaine de la prairie alpine. Les plus hauts sommets n'atteignent pas 3000 mètres (2876 m. au Tsaratanana dans le nord de l'île, 2658 m. dans l'Andringitra dans le centre sud, 2643 m. dans l'Ankaratra au sud de Tananarive).

II.1. Le relief du socle

Le vieux socle cristallin et métamorphique de Madagascar, d'âge précambrien, est hérité du Gondwana. Sa structure est complexe. On y distingue trois grandes séries métamorphiques précambriennes, qui présentent une disposition stratifiée et plus ou moins violemment plissée. Des granitisations se sont produites à diverses époques (2500 Ma, 1100 Ma, 550 Ma) donnant soit des granites recoupants en batholites ou en filons, soit des granites « stratoïdes » par granitisation des couches des séries précambriennes. Ces granites jouent un rôle important dans le relief ; ce sont des roches résistantes qui donnent souvent les points hauts du relief, dômes convexes, ou longues arêtes dissymétriques dans les granites stratoïdes, par exemple dans le centre et le sud du pays betsileo où se trouve le second sommet de Madagascar, dans le massif granitique de l'Andringitra (PETIT 1970). Les vieilles séries métamorphiques comportent par ailleurs une grande variété pétrographique, avec différents types de gneiss, de micaschistes, des quartzites (qui se comportent aussi en roches résistantes), des cipolins, des leptinites, etc...

Ce vieux socle a été affecté par deux directions de fracturation : NNW-SSE (direction dite Bongo-lava), et NNE-SSW (dite Côte Est). Ces deux directions de fracturation apparaissent comme constantes et fondamentales dans la genèse du relief de Madagascar, déterminant jusqu'à la forme même de la Grande Ile. A la direction Côte Est nous devons la formation du Grand Escarpement oriental, la dépression tectonique du lac Alaotra, le bassin d'Antsirabe. La direction Bongo-lava est fondamentale dans le nord de l'île, où elle commande la formation de la baie d'Antongil, et l'orientation de la côte au nord du Cap Masoala. Cette tectonique cassante remonte pour l'essentiel à la fin du Cretacé et on lui doit dès cette époque le soulèvement des Hautes Terres malgaches et la dissymétrie de l'île. Elle a été accompagnée par un volcanisme fissural basaltique, qui a recouvert presque toute l'île, et dont on retrouve les témoins interstratifiés dans la série sédimentaire de l'Ouest, sur la Côte Est, et dans le massif volcanique de l'Androy dans l'Extrême Sud. Des venues volcaniques variées, microgranites, syénites, trachytes, rhyolites, gabbros, sous la forme de filons ou d'intrusions massives, que l'on peut considérer comme les racines d'anciens volcans, datent de la même époque. Certaines fractures continuent à être actives, donnant lieu à des séismes par exemple dans l'Itasy, ou dans la région du lac Alaotra, où l'on observe des escarpements de faille très frais, quaternaires.

Un autre aspect important du relief du socle est lié à plusieurs phases d'aplanissement, séparées par des reprises d'érosion durant lesquelles l'érosion différentielle a remis en saillie les affleurements des roches les plus résistantes. L'aplanissement le plus général et le plus complet s'est produit au début du Tertiaire. On

en retrouve les traces conservées en position sommitale sous la forme de plateaux résiduels, qui nivellent à la fois le socle et les coulées du Crétacé : les tampoketsa. Après une reprise d'érosion, par endroits de plusieurs centaines de mètres, un nouvel aplanissement dit « meso-tertiaire » s'est développé en contrebas, respectant cette fois les roches les plus résistantes. Enfin, emboîté dans cette surface méso-tertiaire, s'est développé sur les bordures de ce socle et dans les cuvettes intérieures, à la fin du Tertiaire, un dernier aplanissement limité aux affleurements des roches les moins résistantes, gneiss et micaschistes.

Héritage de cette longue histoire géologique et géomorphologique, le relief du socle malgache est complexe et varié. Dans le domaine oriental on passe des montagnes du grand escarpement à l'étroite plaine côtière par une zone de collines d'altitude sub-égale dans chaque région. Sur les Hautes Terres, le relief est cloisonné en multiples dépressions allongées et cuvettes séparées par des chaînons granitiques. Un relief de collines, résultant de la dissection des surfaces d'aplanissement meso et fin-tertiaires, domine des dépressions marécageuses aujourd'hui aménagées en rizières dans le Betsileo ou dans la plaine de Tananarive, ou encore largement inexploitées dans le pays tsimihety. Dans le Moyen Ouest le paysage est plus ouvert, offrant souvent de grandes étendues de petites collines résultant de la dissection de la surface fin-tertiaire, dominées par des reliefs plus vigoureux dans des granites ou des quartzites qui prennent des allures d'inselbergs, et dans le nord-ouest par les tampoketsa (d'Analamaitso, de Beveromay, du Kamoro, d'Ankazobe, de Fenoarivo, de Famoizankova).

II.2. Le relief de la couverture sédimentaire

Les deux bassins sédimentaires de Morondava, dans le sud-ouest et l'ouest, et de Majunga dans le nord-ouest, sont séparés par la réapparition du socle en boutonnière dans la région du Cap St André. La disposition des couches sédimentaires en ensembles successivement durs et tendres, avec un pendage généralement faible vers le Canal de Mozambique, détermine un relief de cuestas, avec fronts tournés vers le socle, et plateaux plus ou moins étendus de revers. Dans le nord-ouest, une large dépression périphérique, évidée dans les grès tendres de l'Isalo (Karroo supérieur) sépare le socle de la première cuesta, qui est soit dans les grès de la base du Crétacé (de Port-Bergé à Ambato-Boeni), soit dans les calcaires du Jurassique moyen (dépression de Kandreho). Dans le nord du bassin de Morondava, la même disposition se poursuit, avec la puissante cuesta calcaire du Bemaraha qui domine une dépression périphérique évidée dans les grès de l'Isalo. La dépression périphérique n'a plus qu'une largeur d'une dizaine de kilomètres dans la région de Miandrivazo. Au sud de la percée de la Tsiribihina, ce sont les grès de l'Isalo I, ici très résistants, qui donnent un imposant front de cuesta, haut par endroits de 400 mètres, alors que la dépression périphérique elle-même, dans la région de Ranohira, est évidée dans les schistes de la Sakamena (Karroo moyen).

Une transversale dans la partie centrale du bassin de Majunga fait traverser en allant vers la mer une imposante cuesta dans les basaltes de la fin Cretacé (cuesta de l'Ankarafantsika), une nouvelle cuesta dans des grès fin-crétacés, enfin la petite cuesta de la région côtière dans les calcaires éocènes. Les dépressions subséquentes sont évidées dans les couches les moins résistantes à l'érosion, grès-argileux, argiles ou marnes.

Selon une transversale entre Onilahy et Mangoky, dans le sud du bassin de Morondava, après le large revers dans les grès de l'Isalo, et une petite cuesta dans les

calcaires du Jurassique moyen, les grès et basaltes de la fin du Crétacé donnent une puissante cuesta, avant la cuesta des calcaires éocènes dont les plateaux karstifiés de revers se terminent par un escarpement de faille au-dessus de la plaine côtière de Tuléar. Dans l'Extrême Sud, seuls demeurent les calcaires éocènes subhorizontaux, reposant directement sur le socle, donc une seule cuesta dont le revers est le large plateau karstique du Mahafaly.

Le sédimentaire de l'Extrême Nord de Madagascar, bien que rattaché au bassin de Majunga, en est pratiquement séparé à la hauteur de la péninsule d'Ampasindava. Une étroite dépression périphérique dans les schistes et grès du Permo-Trias sépare le socle cristallin du massif du Tsaratanana (où se trouve le point culminant de Madagascar : 2876 m.), d'une spectaculaire cuesta (Galoka-Andavakoera) dans les grès de l'Isalo très redressés et faillés. Le front de cuesta atteint localement 500 mètres de hauteur. Une seconde cuesta (Andrafiamena-Analamera) est dans les calcaires du Bajocien-Bathonien (Jurassique moyen), le revers formant des plateaux karstiques, dont le plateau de l'Ankarana où se trouve l'un des plus beaux kegelkarsts de Madagascar. Enfin des grés continentaux crétacés donnent un troisième escarpement, moins important, et les calcaires éocènes les tables karstiques qui dominent la rade d'Antsirana.

Le relief de la couverture sédimentaire s'ordonne donc en une série de dépressions allongées évidées dans les strates les plus tendres, dominées par les reliefs plus ou moins élevés des fronts de cuestas. Les grands fleuves traversent ce système par des gorges parfois impressionnantes dans les plateaux de revers, par exemple celles de la Manambolo et de la Tsiribihina dans l'Ouest.

Les régions à relief karstique de Madagascar correspondent à certains de ces plateaux de revers dans les calcaires du Jurassique moyen d'une part, dans les calcaires marins maestrichiens et tertiaires d'autre part. Dans les calcaires du Jurassique moyen, le karst de l'Ankarana dans l'Extrême Nord de Madagascar, celui de Namoroka au sud de Majunga, et le karst du Bemaraha dans l'ouest, sont de magnifiques kegelkarsts à couloirs et à tsingy (lames acérées de calcaire). Le karst de l'Ankarana est traversé de part en part par la rivière Mananjeba, et on y a exploré un grand développement de grottes. Les vastes plateaux du Kelifely et de l'Ankara, dans le sud du bassin de Majunga, sont truffés de dolines. Dans les calcaires marins tertiaires les plus beaux karsts sont dans le sud-ouest : entre le Mangoky et l'Onilahy, et au sud de l'Onilahy (karst mahafaly). Le plateau calcaire mahafaly est truffé de dolines et d'avens en chaudron (cenotes). L'ennoiement du réseau karstique empêche son exploration. Dans la région côtière entre Majunga et la baie de Narinda, il existe par contre de belles grottes (Andranoboka, Anjohibe) dans les calcaires marins de la fin du Secondaire et du début du Tertiaire (Eocène).

Les grès de l'Isalo donnent un autre type de relief parfois spectaculaire, dans le Makay et le massif de l'Isalo, dans le sud du bassin de Morondava : profonds canyons étroits suivant le réseau de fracturation, et reliefs ruiniformes dominant, sur les revers, de vastes épandages sableux.

II.3. Les volcans tertiaires

Sur les Hautes Terres centrales, au sud de Tananarive, l'Ankaratra (troisième sommet de Madagascar : 2643 m.) est un grand strato-volcan pliocène d'une centaine de kilomètres de diamètre, superposé au socle. L'activité volcanique s'est poursuivie au

Quaternaire, donnant les nombreux cônes stromboliens de la région d'Antsirabe. A 120 km à l'Ouest de Tananarive, le massif de l'Itasy est un alignement de cônes stromboliens quaternaires et de dômes trachytiques péléens, comparable à la chaîne des puys dans le Massif Central français. Le lac Itasy est un lac de barrage dû à la désorganisation du reseau hydrographique par la construction volcanique. Dans l'Extrême Nord, la montagne d'Ambre (1475 m.) est un grand cône volcanique pliocène surtout basaltique, construit sur le sédimentaire ; il est flanqué au sud de cônes stromboliens quaternaires.

II.4. Les régions littorales

Tous les grands types de milieux littoraux tropicaux sont représentés à Madagascar: côtes élevées, côtes sableuses basses à lagunes, mangroves, récifs coralliens, etc..

Sur 800 km entre Fort-Dauphin et Foulpointe, la côte est est une côte basse rectiligne, avec un cordon sableux récent protégeant de la grande houle d'alizé des centaines de lagunes. Les cours d'eau les moins importants aboutissent en général dans ces lagunes ; ils hésitent ensuite longtemps avant de trouver un exutoire vers la mer. Ces lagunes ont été reliées entre elles artificiellement pour former une voie d'eau (intracostal waterway), le Canal des Pangalanes, dont l'utilisation est aujourd'hui abandonnée. Plus au nord, la côte devient élevée et rocheuse dans la baie d'Antongil et la péninsule du Cap Masoala. La plaine côtière à cordons sableux réapparaît ensuite entre Antalaha et Vohemar.

La côte nord-ouest est très découpée, avec des grandes baies (Bombetoka, Mahajamba, Narinda) et de nombreuses rias (Loza) où en milieu estuarien se développent de vastes mangroves (LEBIGRE, 1990). Au nord, les deltas du Sambirano et de la Mahavavy du nord sont aussi frangés de mangroves. La côte est précédée par de nombreuses îles : Nosy Be, Nosy Komba, les îles Mitsio, les Radama.

La côte sud et sud-ouest, à partir du delta du Mangoky, est caractérisée par le grand développement des dunes littorales, sur une largeur qui peut atteindre 30 km. Les vieilles dunes quaternaires grésifiées sont attaquées en falaises, hautes de quelques mètres, mais pouvant atteindre 150 m. au Cap Ste Marie. Il existe aussi le long du littoral mikea (au nord de Tuléar) et de la plaine côtière mahafaly, de grands secteurs de côte basse sableuse, frangée de récifs coralliens, point de départ de vastes champs de dunes vives.

On trouve à Madagascar presque tous les grands types de récifs coralliens. Les récifs frangeants sont bien développés dans le nord-ouest, sur la côte, et sur les îles (les quatre îles Radama, Nosy-Be, les Mitsio, etc..). La côte sud-ouest dans le Mahafaly et jusqu'au delta du Mangoky est aussi bordée de récifs frangeants. Ces récifs disparaissent à partir du delta du Mangoky, à cause de la turbidité des eaux côtières qui favorisent au contraire les mangroves. Ils sont remplacés par de nombreux récifs à caye au large, en face de Morondava, Maintirano, et jusqu'au Cap St André, sur une plate-forme continentale large ici d'une centaine de kilomètres. Dans le sud-ouest le Grand Récif de Tuléar, et le récif d'Ifato, sont des récifs barrière. Il faut signaler aussi la barrière ennoyée du nord-ouest de Madagascar, qui se développe sur 500 km. entre le Cap St André et le Cap St Sébastien, séparée de la côte par des profondeurs d'une trentaine de mètres.

II.5. Les milieux d'eau douce : fleuves, rivières et lacs

Les fleuves et rivières malgaches se répartissent en trois groupes. Les cours d'eau de la côte est sont courts (si l'on excepte le Mangoro qui draine la dépression de l'Alaotra), et bien alimentés toute l'année. Leur parcours est coupé de rapides dans les montagnes et les hautes collines du Grand Escarpement. Les longs fleuves de l'Ouest, Mahajamba, Betsiboka, Tsiribihina, Mangoky, Onilahy, prennent leur source sur les Hautes Terres, et ont un régime contrasté, avec des crues parfois violentes de saison chaude et des étiages hivernaux . En saison sèche, l'étiage permet la pratique de cultures de décrue (baiboho) sur de vastes surfaces alluvionnaires dont la fertilité est renouvelée chaque année par la submersion lors des hautes eaux. Enfin la Linta, la Menarandra, la Manambovo et le Mandrare, dans l'Extrême-Sud, sont pratiquement à sec durant la plus grande partie de l'année.

Au chapitre des milieux d'eau douce, il faut signaler l'existence de nombreux lacs et marécages, tant en milieu d'altitude que sur la côte. Les plus grands lacs sont le lac Alaotra et le lac Itasy, bordés de marécages, et dans les régions côtières le lac Kinkony près de Majunga, ainsi que dans le sud-ouest le lac Ihotry et le lac Tsimanampetsotsa. De vastes marécages, accompagnés de nombreux lacs existent en pays tsimihety, dans le nord des Hautes Terres malgaches.

III - LA VARIETE DES CLIMATS

Madagascar est une véritable mosaïque sur le plan climatique, avec une variété qui va du perhumide subéquatorial au semi-aride sub-méditerranéen, en passant par le tropical montagnard. La Grande Ile s'étend entre 12°5 et 25° de latitude sud, pour la plus grande part donc dans la zone intertropicale, le tropique du Capricorne traversant l'île à la hauteur de Tuléar. Les grands centres d'action météorologique de cette partie de l'Océan Indien sont l'anticyclone des Mascareignes, à l'est, générateur de l'alizé du sud-est ; les basses pressions équatoriales généralement situées au nord de Madagascar ; des basses pressions fréquentes sur le Canal de Mozambique ; enfin le sud de l'île est frôlé par la circulation d'ouest en est d'anticyclones et dépressions mobiles du front polaire. Trois grandes masses d'air intéressent la Grande Ile. L'air maritime tropical indien, générateur de l'alizé, concerne toute l'année Madagascar : on lui doit les fortes précipitations du versant oriental de l'île. L'air équatorial, chaud et très humide (75 à 87% d'humidité relative) engendre la mousson du nord-ouest qui atteint Madagascar par intermittence en saison chaude. Enfin l'air tropical maritime atlantique alimente les dépressions et anticyclones mobiles qui peuvent atteindre le sud de Madagascar en saison fraîche. Le contact entre l'air tropical maritime indien et l'air équatorial, ou zone de convergence intertropicale (C.I.T.) prend en écharpe la Grande Ile en saison chaude, créant un temps instable et pluvieux. C'est le long de la C.I.T. et sur l'Océan Indien que prennent naissance les cyclones ; ils se déplacent d'est en ouest, et viennent périodiquement ravager les Mascareignes ; certains tournent vers le sud avant d'avoir atteint Madagascar, frôlant seulement la côte est, mais d'autres traversent de part en part la Grande Ile, et peuvent se régénérer sur le Canal de Mozambique. Les Comores sont exposées aux cyclones, mais pas les Seychelles situées trop au nord. Plus que par la force du vent, les cyclones jouent un rôle important par les précipitations parfois énormes qui les accompagnent, génératrices d'inondations.

La géographie des températures dépend de la latitude, de l'altitude, et de la continentalité. La grande extension en latitude de Madagascar se traduit par des températures moyennes annuelles allant de 27° dans le nord littoral, à 24° dans le sud. L'éloignement de l'Equateur entraîne une augmentation vers le sud des amplitudes thermiques annuelles et diurnes. Madagascar a une forme suffisamment massive (600 km de plus grande largeur) pour que se manifeste un effet de continentalité, marqué surtout par une augmentation vers l'intérieur des terres des amplitudes thermiques annuelles et diurnes. Mais c'est à la présence des Hautes Terres que l'on doit les principaux contrastes de température. A Antsirabe, située à 1500 mètres d'altitude, la température moyenne annuelle n'est que de 16°5, avec 12°6 pour le mois le plus froid (juillet) et 19°8 pour le mois le plus chaud (janvier). Ce climat tropical d'altitude n'exclut pas le gel, en moyenne dix fois par an à Antsirabe, mais la neige est extrêmement rare, même sur les plus hauts sommets de l'île, cela parce que les mois les plus froids correspondent à la saison sèche. Ce rapide tableau de la géographie des températures doit être complété par une dissymétrie entre la côte est , moins chaude, et la côte ouest. A latitude égale, on observe une différence de 1,5 à 2° dans les températures moyennes annuelles.

La dissymétrie orographique de Madagascar joue un rôle essentiel dans la répartition de la pluviométrie. Le versant oriental exposé à l'alizé reçoit partout plus de 1600 mm. et localement plus de 4 m. sur la côte et sur les reliefs. Le Nord-Ouest, exposé à la mousson, reçoit aussi plus de 1600 mm. La plus grande partie des Hautes Terres et de l'Ouest se situent entre les isohyètes de 1600 mm et 800 mm. La pluviosité diminue progressivement vers le sud-ouest, jusqu'à une frange semi-aride recevant moins de 500 mm qui va de Morombe au Cap Ste Marie. L'extrémité des chaînes anosyennes, entre Amboasary et Fort-Dauphin, crée une véritable « faille » pluviométrique ; en moins de 20 km on passe de la forêt de Didiereacées de l'Androy semi-aride, à la rain-forest de la côte est.

Il est important de considérer aussi la répartition annuelle de cette pluviosité. Le régime pluviométrique général est de type tropical avec une saison sèche hivernale. Mais une différence existe entre le domaine oriental, où les mois les plus secs (juillet à novembre) reçoivent encore entre 80 et 300 mm, et les Hautes Terres et l'Ouest où la saison sèche est extrêmement marquée. Ainsi le mois le plus sec à Tamatave, octobre, reçoit encore 87 mm. A Tananarive, sur les Hautes Terres centrales, mai, juin, juillet, août et septembre ne reçoivent ensemble que 79 mm. A Majunga, sur la côte nord-ouest, ces cinq mois ne totalisent plus que 15 mm. A Tananarive et Majunga, les six mois de la saison sèche, avril à octobre inclus, totalisent respectivement seulement 11% et 6% de la pluviosité annuelle totale. Dans le Sud-Ouest et l'Extrême-Sud, ce régime tropical typique est modifié par l'apparition d'un second maximum pluviométrique de mai-juin, correspondant à des pluies hivernales du front polaire : si le total pluviométrique est faible (342 mm à Tuléar) les pluies se trouvent ainsi mieux réparties dans l'année.

Il faut dire un mot d'un phénomène qui tempère aussi la sécheresse du semi-désert côtier du sud malgache entre Morombe et le Cap Ste Marie : les précipitations occultes de la rosée, non prises en compte dans les statistiques pluviométriques. Ce phénomène est bien connu dans la plupart des déserts côtiers, comme le Namib ou le désert chilo-péruvien ; il est dû à la présence d'eaux froides littorales, liées à un courant froid et (ou) à des upwellings. L'absence de plateau continental en face de ce secteur de la côte malgache rend possible de telles remontées d'eaux froides. Ces précipitations occultes n'intéressent qu'une étroite frange littorale, mais elles permettent de comprendre l'existence le long de la côte d'une végétation assez dense (spécialement de Didiereacées

et d'Euphorbiacées), y compris dans certains secteurs comme le nord de la plaine côtière mahafaly où la pluviosité est inférieure à 300 mm.

Globalement, la combinaison des données de la pluviométrie et de la température permettent de distinguer à Madagascar cinq grandes régions climatiques :

- Le domaine oriental exposé à l'alizé du sud-est, perhumide, avec une saison sèche atténuée.

- L'Ouest, moins arrosé, avec une saison sèche très marquée ; au point de vue des températures, on peut distinguer une nuance maritime et une nuance continentale, où les écarts thermiques sont plus importants.

- La région du Bas-Sambirano, dans l'extrême nord-ouest, abritée de l'alizé par le massif du Tsaratanana, et exposée à la mousson. La pluviosité est importante, avec une saison sèche moins marquée que dans l'Ouest. La température est plus élevée que dans le reste de l'île, avec des écarts thermiques faibles. Le climat est subéquatorial, avec deux maxima de température.

- L'Extrême-Sud et l'Extrême Sud-Ouest, caractérisés par une faible pluviosité (à la limite de l'aride le long du littoral), mais mieux répartie dans l'année. Les moyennes de température sont moins élevées que dans le reste de l'île, avec une amplitude thermique annuelle plus forte.

- Les Hautes Terres, qui ont un climat tropical de montagne, avec des températures plus faibles que dans le reste de l'île, et de forts écarts thermiques. Les totaux pluviométriques sont généralement inférieurs à 2 m., mais avec de grandes variations en fonction du relief et de l'exposition. La saison sèche est bien marquée, mais moins que dans l'Ouest.

IV - D'IMPORTANTES VARIATIONS DU CLIMAT AU PLIO QUATERNAIRE :PLUVIAUX ET DISPLUVIAUX

Bien qu'il ne soit pas possible actuellement d'établir une véritable chronologie des variations climatiques à Madagascar au cours du Quaternaire, et encore moins au Néogène, on sait, par l'étude de certains paléosols (sols rubéfiés, stone-lines, etc...), par les analyses polliniques et par l'existence de formes héritées dans la morphologie, que le climat n'a cessé de se modifier au Plio-Quaternaire. La situation actuelle correspond seulement à un moment dans une longue histoire géologique. Comme dans l'Afrique voisine, se sont succédées des périodes plus humides, qualifiées de pluviaux, séparées par des périodes plus sèches ou displuviaux, cela en fonction de changements de la position moyenne des grands centres d'action météorologiques.

Dans l'Extrême Sud semi-aride (BATTISTINI, 1964, 1984), la fin du Neogène correspond à une période de forte pluviosité, à saisons alternées. Au cours de l'Aepyornien (corrrespondant plus ou moins au Quaternaire) se sont succédées des périodes de mise en place de dunes littorales, et des périodes de fixation et de rubéfaction parfois intense de ces ensembles dunaires. La Grande Dune (Aepyornien ancien) a été profondément altérée et rubéfiée à l'Ambovombien, terme qui recouvre soit un seul pluvial long et très accentué, soit plusieurs pluviaux successifs. La Petite Dune (Aepyornien moyen) a été elle-même rubéfiée et encroûtée, au cours d'un dernier pluvial (Lavanonien), en partie synchrone du Würm. L'Holocène a vu le climat s'assécher

progressivement, la pluviosité diminuant au moins de moitié, jusqu'à la situation de semi-aridité actuelle.

BOURGEAT (1972) met en évidence sur les Hautes Terres l'existence de trois périodes pluviales au Pleistocène. Après un Neogène à dominante sèche (contrairement à l'Extrême Sud), survient un premier pluvial (pré-moramangien) que l'on peut mettre en parallèle avec la période humide qui a précédé dans l'Extrême Sud la mise en place de la Grande Dune. Le second pluvial, pour lequel BOURGEAT garde le terme d'Ambovombien, correspond à une reprise de la pédogenèse avec formation de goethite et de gibbsite, ainsi qu'un recreusement des vallées. Le displuvial qui suit (Sambainien) commence avant 35 000 ans et se termine probablement vers 10 000 ans ; il correspond aux dépôts de la terrasse moyenne. Enfin le troisième et dernier pluvial, dénommé post-Sambainien, se place après 10 000 B.P. Il se caractérise par des recouvrements fins sur les épandages grossiers (stone-lines) de la période précédente, par une reprise de la pédogénèse, un recreusement des vallées, et la formation d'une basse terrasse argileuse.

Ainsi qu'on le voit, pluviaux et displuviaux ne seraient pas toujours en concordance selon les régions. Cela ne peut étonner, étant donnée l'extension en latitude de Madagascar. Une remontée vers le nord du système des dépressions et anticyclones mobiles du front polaire, lors de la dernière période glaciaire, a pu entraîner un doublement de la pluviosité dans l'Extrême Sud (Lavanonien), sans pour autant affecter les Hautes Terres centrales. Le déplacement de la position moyenne des autres centres d'action météorologique a fort bien pu, durant la même période, entraîner un assèchement dans certaines parties de la Grande Ile. Cette mobilité « géologique » des climats, encore insuffisamment connue et étudiée à Madagascar, demeure cependant une donnée majeure pour l'étude biogéographique.

V - LES ILES DE LA REGION MALGACHE

De nombreuses îles et groupes d'îlots séparés les uns des autres, ainsi que de la Grande Ile, par de grandes profondeurs, entourent Madagascar au nord, à l'ouest et à l'est. Sur le plan biogéographique, ils constituent autant d'isolats. On connaît maintenant assez bien l'âge de certaines de ces îles, grâce au développement des méthodes radiométriques de datation (potassium-argon, Th/Ur, C14). Ces âges sont utiles pour le biogéographe, qui peut se faire ainsi une idée de la durée dont a disposé leur peuplement. Les îles situées sur le plateau continental malgache (Ste Marie, Nosy Be, Mitsio, Radama) sont exclues de ce chapitre : elles ont été reliées à Madagascar lors des régressions quaternaires (jusqu'à moins 120 mètres lors de la plus récente de ces régressions entre -25 000 ans et -14 000 ans au Würm III) et font donc partie sur le plan biogéographique de Madagascar.

V.1. Les îles hautes volcaniques ou granitiques

Par leurs dimensions, leur relief et leur géologie souvent complexes, les îles hautes offrent à la colonisation par la faune et la flore une variété importante de milieux naturels, et une certaine diversité géographique. Les plus élevées, comme La Réunion (3069 m.), ou la Grande Comore (2361 m.) ont une dissymétrie climatique nette, avec un

versant au vent et un versant sous le vent ainsi qu'une zonation altitudinale de la végétation.

V.1.1. Les Mascareignes

Cet archipel, situé à l'est de Madagascar, est constitué par trois îles volcaniques émergeant de profondeurs supérieurs à 4000 mètres : La Réunion, Maurice et Rodriguez.

La Réunion est une terre extrêmement montagneuse, de forme elliptique (75 km sur 55 km). L'île se divise en une partie ancienne ou vieux massif du Piton des Neiges, qui culmine à 3069 m., et représente les trois quarts de la surface de l'île, et une partie récente qui s'appuie au sud-est de la précédente, le Massif de la Fournaise, siège du volcanisme actif. La partie ancienne a été défoncée en trois grands cirques, Cilaos, Salazie, et Mafatte, dominés par des parois raides de plus de 1000 m. L'île présente une forte dissymétrie pluviométrique, avec plus de 4 m. de précipitations annuelles du côté au vent (9 m. à la station de Takamaka, et exceptionnellement plus de 14 m. en 1952), et moins de 1 m. du côté sous le vent (700 mm. à St Paul). Par dessus les océanites anciennes mises en place sous le niveau de la mer (pillow-lavas), les plus anciennes coulées basaltiques subaériennes qui ont été datées donnent un âge de 2,1 M d'années.

Maurice, située à 185 km. au nord-est de La Réunion, mesure 60 sur 45 km. C'est, comme La Réunion, une île entièrement volcanique, constituée surtout de coulées et de brèches basaltiques, mais le relief est beaucoup plus aéré, avec de grandes étendues peu accidentées plantées surtout en canne à sucre, dominées par des mornes abrupts. La pluviométrie s'ordonne ici en fonction de l'altitude, 1 m. sur les régions côtières, 4 m. au centre de l'île. En ce qui concerne l'âge de l'île, la série bréchique de base (océanites), très altérée, n'a pu être datée que de manière approximative de 10 à 8 M d'années. La série ancienne qui lui succède, correspondant à la construction d'un grand volcan bouclier basaltique aujourd'hui démantelé, et dont les pans conservés constituent les mornes actuels, commence à 7,5 Ma et se termine à 5,2 Ma. La série intermédiaire (3,5 Ma à 1,7 Ma) et la série récente sont constituées surtout par des basaltes très fluides, qui donnent les vastes étendues moins accidentées d'où émergent les mornes.

V.1.2. Les Comores

Situées dans le nord du Canal de Mozambique, Mayotte, Anjouan, Moheli et la Grande Comore sont des îles surtout basaltiques émergeant de profondeurs supérieures à 3 500 mètres. EMERICK et DUNCAN (1982) considèrent les Comores comme le stade le plus récent de l'activité d'un point chaud, qui aurait induit successivement le soubassement des Amirantes et de Farqhar dans les Seychelles, des Glorieuses, du banc du Geyser, puis Mayotte, Anjouan, Moheli, enfin la Grande Comore où se trouve le volcan actif Kartala.

Mayotte (Maore), la plus ancienne des quatre Comores, aurait commencé à émerger lors de la phase ancienne dite Choungi I, entre 15 et 8 Ma. Alors que pour les phases suivantes dites Choungi II (8 à 4 Ma : ankaramites et nephelinites) et Choungi III (3,5 à 3,4 Ma : phonolites) on possède de bonnes datations radiométriques, les vieux basaltes de Choungi I ne sont datés que de manière approximative. Mayotte serait donc

mio-pliocène, avec un volcanisme qui s'est poursuivi au Quaternaire par les petits cônes et les cratères d'explosion de l'îlot de Pamandzi, incorporé au récif-barrière. Longue de 35 km., Mayotte est une terre aux hautes collines émoussées, portant des sols ferrallitiques rouges d'altération des basaltes, dominées par quelques reliefs plus vigoureux qui sont généralement d'anciennes cheminées déchaussées par l'érosion dans des phonolites (le Benara, 660 m., point culminant dans le sud de l'île). La plus anciennement apparue des Comores, elle a subi une subsidence importante à l'origine d'une double barrière corallienne, qui enserre un large lagon profond de 30 à 70 m.

Anjouan (Ndzuani) est une terre montagneuse de forme triangulaire, la seconde de l'archipel par sa superficie (424 km2). Le point culminant, au Ntringi (1595 m.) n'est qu'à 7 km. de la mer. Le grand cirque de la Bambao, avec ses parois raides, défonce la partie centrale de l'île. L'âge obtenu sur les plus vieilles coulées basaltiques est de 5,0 Ma.

Moheli (Mwali) est une longue arête escarpée qui s'allonge sur 50 km d'est en ouest, avec 20 km de plus grande largeur. La partie occidentale et centrale de l'île, qui culmine à 790 m., résulte de la dissection profonde d'un vieux volcan basaltique. La partie orientale, plus étroite et moins élevée, présente un relief plus mou : c'est le plateau de Djandro, entaillé par trois grands cratères d'explosion quaternaires. La plus vieille datation obtenue pour Moheli est 3,9 Ma. Moheli, comme Anjouan, seraient donc d'âge pliocène.

La Grande Comore (Ngazidja) est la plus étendue (1024 km2) des quatre Comores. L'île s'allonge sur 68 km du nord au sud, et se divise en trois parties : une partie centrale renflée correspond au volcan actif Kartala, avec sa vaste caldeira sommitale qui culmine à 2361 m. ; au nord s'allonge le massif de la Grille, appendice massif long de 30 km. entièrement constitué par des cônes stromboliens récents et leurs coulées ; enfin la partie sud-est est un appendice plus petit, la péninsule de Mbadjini, constituée par des basaltes plus anciens (phase intermédiaire de SAINT-OURS, 1958), recouverts par des cônes et coulées subactuels. A l'exception de la péninsule de Mbadjini où l'on trouve localement des sols ferrallitiques épais d'altération des plus vieux basaltes (fin Pliocène ou Quaternaire ancien ?), la Grande Comore est une île jeune, où de grandes superficies sont occupées par des coulées noires subactuelles qui descendent de tous côtés vers la mer. La pluviosité est maximale à mi-pente du Kartala, du côté ouest exposé à la mousson (5888 mm. à Nyumbadju, à 500 m. d'altitude), moins forte sur la côte est abritée de la mousson (1398 mm. à Fumboni) et à l'extrémité de la péninsule de la Grille (1884 mm. à Mitsamihuli). L'eau de pluie s'infiltre dans les basaltes récents poreux, ce qui exclut pratiquement tout écoulement superficiel sauf lors des pluies exceptionnelles.

V.1.3. Les Seychelles granitiques

Situées dans le nord-est de l'archipel des Seychelles, elles sont la partie visible d'un morceau du vieux socle gondwanien, séparé de l'Afrique au même moment que Madagascar. Sur une quarantaine d'îles et îlots, seuls trois ont une certaine étendue : Mahé, Praslin et la Digue. L'île principale, Mahé, a une vingtaine de kilomètres de longueur, et culmine à 906 m. au Morne Seychellois. Les granites gris de Mahé sont datés de 536 Ma, mais il s'agit là de l'âge du matériel, et non de l'âge des îles elles-mêmes, que l'on ignore.

V.2. Les îles et îlots coralliens

A la différence des précédentes, il s'agit d'îles basses peu étendues, généralement plus sèches car elles ne fixent pas les nuages. Le plus grand nombre (une centaine) appartiennent aux Seychelles où elles se répartissent en plusieurs groupes : au nord le groupe des Amirantes (une vingtaine îlots), Alphonse, Plate et Coétivy ; au sud le groupe de Farqhar (atoll de Farqhar, St Pierre, Providence) et le groupe d'Aldabra (atoll soulevé d'Aldabra, Astove, Assumption, et atoll soulevé de Cosmoledo). D'autres îles basses coralliennes isolées existent dans le Canal de Mozambique (Glorieuses, Juan de Nova, Europa, Bassas da India), et à l'est de Madagascar dans l'Océan Indien (Tromelin).

Ces petites îles coralliennes ne sont que la partie visible de constructions coralliennes plus importantes, qui coiffent des reliefs volcaniques immergés. Elles n'offrent à la colonisation par la faune et la flore qu'un nombre limité de biotopes : cordons littoraux de sable ou de graviers coralliens, dunes, microkarsts dans des calcaires coralliens ou des beach-rocks émergés de quelques mètres, mares, etc... Les calcaires coralliens qui affleurent dans les îles et sur leurs platures correspondent à des périodes de haut niveau marin. On peut classer ces îles coralliennes en trois catégories en fonction de l'âge des plus vieux calcaires coralliens venant en affleurement :

- Quaternaire ancien : l'atoll émergé d'Aldabra a fourni des âges supérieurs à 350 000 ans (limite de la méthode Th/Ur), bien que l'essentiel de la construction de l'atoll date de l'Inter Riss Würm. St Pierre, exploité pour son guano, entre dans cette catégorie.

- Inter Riss-Würm (dernier interglaciaire) : des âges autour de 120.000 B.P. et 100.000 ans B.P. ont été obtenus aux Glorieuses (île du Lys), à Aldabra et à Cosmoledo. Europa aurait le même âge.

- Holocène : le plus grand nombre d'îles et îlots datent de la fin de la transgression flandrienne, lorsque la mer a retrouvé un niveau proche de l'actuel entre -6000 et -5600 ans B.P. Une centaine d'îlots dans les Seychelles ne sont que de simples cayes sableuses très récentes frangées de beach-rock. Juan de Nova et Tromelin entrent aussi dans cette catégorie.

Il faut remarquer qu'un grand ensemble d'îlots, comme par exemple celui des Amirantes dans le nord-ouest des Seychelles, était entièrement émergé lors de la dernière grande régression marine (25 000 - 14 000 ans B.P.), sous la forme d'un vaste plateau sablo-corallien d'une centaine de kilomètres de longueur. A l'échelle de 15 000 ans, Desnoeufs, Marie-Louise, Poivre, St Joseph, Remire... sont donc à considérer comme une unité biogéographique unique. Quelques regroupements du même genre peuvent aisément être effectués à l'aide de la carte bathymétrique. A l'opposé, dans le groupe d'Aldabra, Cosmoledo, Astove, Assumption, et l'atoll d'Aldabra, constituent autant d'entités indépendantes sur le plan biogéographique, chacune perchée sur son grand volcan sous-marin.

VI - LES COURANTS OCEANIQUES

Le courant sud équatorial, venant de l'est, contourne Madagascar par le nord et par le sud. La branche septentrionale contourne le Cap d'Ambre, passe à travers les Comores, et remonte vers le nord. La branche sud s'unit pour l'essentiel au courant du Mozambique pour former le courant des Aiguilles, mais une partie, après avoir

contourné Madagascar par le sud, remonte vers le nord dans l'est du canal de Mozambique, sans doute jusqu'au delà du Cap St André, sous le nom de courant de Madagascar. Dans l'ouest du canal de Mozambique, le courant de Mozambique longe la côte africaine en partant vers le sud. Cette disposition générale est à première vue défavorable à des apports en provenance de la côte africaine. Toutefois dans le détail la circulation dans le Canal de Mozambique est très complexe. Durant l'été austral, le courant côtier de Somalie, qui porte au sud en cette saison, vient heurter le courant côtier nord dû à l'alizé du sud-est aux environs de Mombasa ; il en résulte un contre-courant vers l'est (aidé par la mousson du nord-ouest) et un mouvement tourbillonnaire autour des Comores, avec possibilité par mousson forte de porter jusqu'aux côtes nord-ouest de Madagascar. Au sud de 18 degrés sud, dans la zone médiane du canal de Mozambique, existe un autre tourbillon important, et des courants portant souvent au nord sous l'action des vents dominants du sud. Les instructions nautiques signalent près de l'île Europa, de juillet à novembre, un fort courant portant au nord-est (donc vers Madagascar), mais de manière très intermittente. Dans la situation actuelle, le transport par les courants de radeaux depuis la côte africaine jusqu'à Madagascar est possible mais aléatoire. Toutefois on ignore tout des conditions qui ont pu exister à certains moments du Tertiaire et du Quaternaire, peut-être plus favorables.

VII - L'ARRIVEE DE L'HOMME : UN BOULEVERSEMENT DANS LES PAYSAGES ET DANS LA FAUNE

Contrairement à l'Afrique orientale voisine, Madagascar et les îles de la « région » malgache ne possèdent pas de préhistoire. Les premiers établissements humains importants connus sur le littoral de la Grande Ile ont été datés au C14 de la seconde moitié du premier millénaire (Sarodrano dans le sud-ouest 1460 +-90 B.P. ; Irodo, dans l'extrême-nord-est 1090+-90 B.P.). On peut supposer une solution de continuité avec les Comores, où la plus vieille culture connue, la culture Dembeni, date du VIIIè siècle (VERIN, 1990). Peut-être y a -t-il eu dès cette époque pénétration de l'intérieur de l'île par des écobueurs-chasseurs, ainsi que le suggèrent certaines analyses polliniques. Dès le XIè siècle (période Fiekena) les premières communautés agricoles s'installent près des marais sur les Hautes Terres, cultivant le riz et le taro, et pratiquant l'agriculture sur brûlis. Cette époque marque le début d'un immense gaspillage écologique. Ces proto-malgaches avaient trouvé une île encore vierge, couverte probablement par une végétation forestière quasi-continue. Quelques siècles plus tard, seuls demeurent quelques lambeaux forestiers relictuels, sur le rebord du tampoketsa d'Ankazobe, ou dans l'Ouest sédimentaire sur les revers de certaines cuestas calcaires ou gréseuses, comme la forêt de l'Ankarafantsika au sud-est de Majunga. Prairie et steppe à Aristida sur les Hautes Terres, à Hyparhenia rufa et Heteropogon dans l'Ouest, s'étendent maintenant à perte de vue.

Bien que moins fragile que la forêt tropophile caducifoliée de l'Ouest, la forêt dense ombrophile ou rain-forest du domaine per-humide oriental a depuis longtemps disparu des plaines et basses collines de la zone côtière, remplacée par des formations herbacées. Elle ne demeure qu'en taches relictuelles dans les parties les plus inaccessibles des montagnes du grand escarpement. Ailleurs la végétation secondaire de savoka, soumise à la rotation des tavy (brûlis pour la culture du riz de montagne et du maïs), couvre collines et montagnes.

Sur les Hautes Terres, où se trouvent actuellement les plus fortes densités de population dans l'Imerina, le pays Tsimihety, le Betsileo, le paysage est entièrement humanisé . Rizières de bas-fond ou en terrasses alternent avec des collines dénudées en parties reboisées d'eucalyptus. Les vastes étendues moins peuplées du Moyen-Ouest sont vouées à l'élevage bovin extensif, pour lequel les pasteurs pratiquent l'incendie périodique des formations herbacées qui ont remplacé la forêt, accentuant encore l'appauvrissement biologique. Privés de leur couvert forestier, les sols ferrallitiques rouges ou jaunes épais formés à l'origine sous forêt sont exposés au ruissellement. Un peu partout sur les Hautes Terres et dans le Moyen Ouest apparaissent des champs de lavaka, entailles profondes d'érosion accélérée, qui ruinent tout espoir de mise en valeur ultérieure de régions entières de collines, et par leurs épandages sableux entravent la riziculture dans les dépressions voisines.

Dans le sud semi-aride, il demeure encore d'assez vastes étendues du bush xérophile, sur les sables roux et surtout sur les vastes plateaux karstiques des calcaires tertiaires dans le Mahafaly et entre Onilahy et Mangoky. Mais même ici l'extension des brûlis pour l'agriculture, et les coupes pour le charbon de bois près de Tuléar, mettent cette végétation arborée en péril.

C'est donc essentiellement par une destruction systématique du couvert forestier que l'homme a transformé les paysages, et modifié le milieu naturel. L'érosion accélérée des sols par les lavaka n'est qu'une conséquence de la déforestation. La forêt jouait le rôle d'éponge, lors des précipitations exceptionnelles cycloniques. Avec sa disparition, les eaux ne sont plus retenues par la forêt, et une fraction plus importante s'écoule rapidement jusqu'aux troncs hydrographiques principaux, accentuant les crues. Corrélativement, les étiages sont aussi plus accentués. Ce caractère de plus en plus contrasté des régimes hydrographiques, en relation avec la déforestation, est illustré par le cas du Fiherena, fleuve du sud-ouest qui se jette à Tuléar (SALOMON, 1987)). Autre conséquence : l'augmentation de la charge solide. La Betsiboka, qui inclut dans son bassin de nombreux espaces lavakisés, en donne un bon exemple, avec pour conséquence l'accélération de l'envasement du port de Majunga.

La disparition des « subfossiles » illustre l'action de la présence humaine sur la faune. Cette faune « subfossile », qui comprenait de grands Ratites (*Aepyornis maximus*, *medius*, *hildebrandti*), deux Hippopotames (*lemerlei* et *amphibius Standini*), une tortue terrestre géante (*Testudo grandidieri*), et une douzaine de Lemuridés, dont des espèces de grande taille comme les Palaeopropithèques, a disparu il y a moins de 2000 ans, ainsi que le montrent les datations par la méthode du C14 effectuées dans plusieurs sites dont Amparihingidro (à 7 km à l'est de Majunga), Amposa, dans le centre ouest, et dans le sud et le sud-ouest Anavoha, Behavoha, Lamboharana, et Taolambiby. Il ne fait aucun doute que, lorsque l'homme est arrivé à Madagascar, il y a trouvé cette faune de grands animaux encore vivante. La contemporaineté de l'homme et de cette faune disparue ressort de la simple confrontation des âges des sites archéologiques les plus anciens, et des âges obtenus dans la partie supérieure d'un certain nombre de gisements de subfossiles : 980+-200 B.P. sur un os d'hippopotame à Itampolo dans l'Extrême Sud, 1150+-90 B.P. sur des débris d'oeufs d'*Aepyornis* à Irodo, 1050+-150 B.P. à Taolambiby. Il existe par ailleurs de nombreux sites « mixtes », où des traces d'industries humaines coexistent avec des ossements de subfossiles (par exemple à Ampasambazimba dans l'Itasy, à Taloambiby, à Beloha-sur-mer). Des ossements de bovidés sont parfois mélangés à ceux des subfossiles, comme à Ankaivo et à Lamboharana (BATTISTINI & VERIN, 1973).

Certains auteurs, comme MAHE et SOURDAT (1972) ont proposé comme l'une des raisons possibles de la disparition des subfossiles malgaches, le gigantisme, qui aurait rendu certaines grandes espèces incapables de s'adapter même à de faibles variations du milieu. Pour ces auteurs, l'extinction aurait été causée par un assèchement récent du climat, qui plaça ces grands animaux dans des conditions difficiles. Cette hypothèse avait déjà été émise, pour l'Extrême Sud, par DECARY (1930). A notre avis, il est impossible de comprendre, sans invoquer une raison plus générale, la disparition aussi soudaine de la totalité de ces grands animaux, qui vivaient dans des biotopes différents, et dans les régions les plus variées de Madagascar (on connaît une soixantaine de sites de subfossiles répartis dans toute l'île). A Ampasambazimba, dans l'Itasy, la pluviosité avoisine actuellement 2 m., et on voit mal comment invoquer dans ce cas l'aridification du climat. Même dans le sud semi-aride il n'existe aucune présomption en faveur d'un brutal assèchement du climat depuis 2000 ans ; si certaines lagunes côtières ont pu disparaître, c'est par le jeu normal de l'évolution morphologique, d'autres lagunes apparaissant ailleurs. La coïncidence de la disparition de la faune de subfossiles avec l'arrivée de l'homme à Madagascar nous fait considérer que la seule cause de cette disparition est l'action humaine, directe (par la chasse ou le ramassage des oeufs d'*Aepyornis*) ou indirecte (la déforestation).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BATTISTINI, R., 1964. L'extrême sud de Madagascar. Thèse d'Etat. Cujas, 636p.

BATTISTINI, R., 1984. Mise au point sur la terminologie du Quaternaire malgache. Madagascar, Rev. de Géogr., 45: 9-25.

BATTISTINI, R., & P. VERIN, 1973. Man and the environment in Madagascar, past problems and problems of today. Biogeography and Ecology in Madagascar, Yunk, La Haye : 311-332.

BEN YOUSSOUF, A.A., 1992. L'évolution géomorphologique des édifices volcaniques de Mayotte (Archipel des Comores, Océan Indien). Rythmes morphogéniques en domaine volcanisé, actes du colloque AGF, Clermont Ferrand 1992 : 181-190.

BOURGEAT, F., 1972. Sols sur socle ancien à Madagascar. Thèse d'Etat. Public. ORSTOM, Paris, 335p.

DECARY, R., 1930. L'Androy (Extrême sud de Madagascar). Essai de monographie régionale. Tome I, Société d'éditions maritimes et coloniales, Paris.

EMERICK, C.M., & R.A. DUNCAN, 1982. Age of progressive volcanism in the Comores Archipelago, Western Indian Ocean, and implications for Somali plate tectonics . Earth Planet Sc Letter, 60: 415-428.

HAJASH, A., & R.L. ARMSTRONG, 1972. Paleomagnetism and radiometric evidence for the ages of the Comores Islands, West Central Indian Ocean. Earth Planet Sc. Letter, 16: 231

INSTRUCTIONS NAUTIQUES. Océan Indien Sud, Madagascar, îles éparses, terres australes et antarctiques françaises. Paris, imprimerie nationale.

LEBIGRE, J.-M., 1990. Les marais maritimes du Gabon et de Madagascar. Thèse d'Etat, Public. université Bordeaux III, 704p.

MAHE, J., & M. SOURDAT, 1972. Sur l'extinction des Vertébrés subfossiles et l'aridification du climat dans le Sud-Ouest de Madagascar. Bull. Soc. Géol. de Fr., 7, XIV: 295-309.

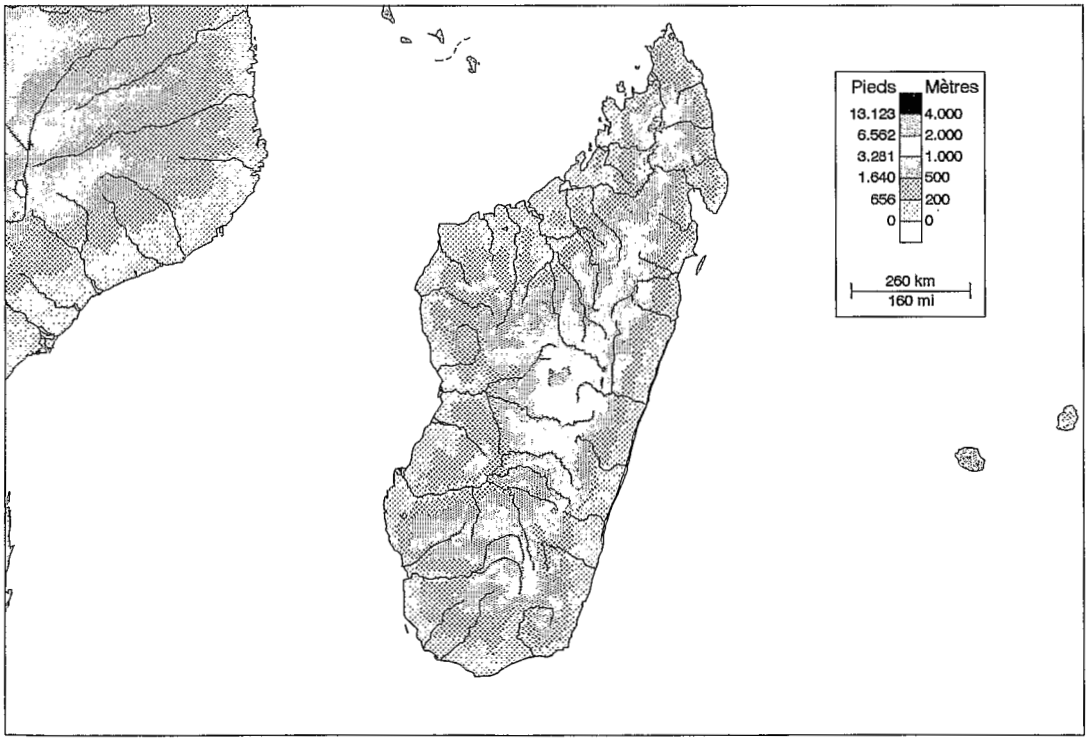
PAULIAN, R., 1961. Zoogéographie de Madagascar et des îles voisines. Faune de Madagascar XIII, I.R.S.M. Tananarive, 486p.

PETIT, M., 1970. Contribution à l'étude morphologique des reliefs granitiques à Madagascar. Thèse d'Etat, Impr. Centrale, Tananarive, 307p.

SAINT-OURS, J., 1958. Etudes géologiques dans l'extrême nord de Madagascar et l'archipel des Comores. Thèse d'Etat, Strasbourg.

SALOMON, J.-N., 1987. Le sud-ouest de Madagascar. Thèse d'Etat, Public. université Aix-Marseille, 998p.

VERIN, P., 1990. Madagascar. Ed. Karthala, 247p.



Madagascar : hypsométrie