

## MISE AU POINT SUR LA TERMINOLOGIE DU QUATERNAIRE MALGACHE

par

R. BATTISTINI

Une certaine confusion s'est installée dans l'utilisation des termes créés au départ pour désigner les épisodes majeurs de l'évolution morphologique quaternaire dans le Sud malgache. Ces termes sont employés en dehors de leur sens primitif et, ce qui est le plus grave, d'une manière différente selon les auteurs, de telle sorte que leur situation chronologique devient incertaine. Etant à l'origine de cette terminologie, il m'a semblé utile de rappeler comment elle a été créée et quelle est la place exacte de chacun des termes qui la constituent dans la chronologie du Quaternaire. Le mieux est d'abord d'examiner la signification précise de chacun de ces termes dans la chronologie de l'Extrême-Sud malgache puis d'étendre ensuite cet examen à d'autres parties de Madagascar où ces termes ont été utilisés dans le cadre des chronologies proposées par divers auteurs, Sourdat et Salomon dans le sud-ouest, Petit et Bourgeat sur les Hautes Terres, Rossi dans le nord.

### I. ELEMENTS DE LA TERMINOLOGIE DU QUATERNAIRE DE L'EXTREME-SUD

Les deux publications fondamentales pour la définition des termes du Quaternaire de l'Extrême-Sud et pour la présentation des coupes types sont les suivantes: « *Structure et géomorphologie du littoral karimbola (Extrême-Sud de Madagascar)* », Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, série F, tome II, 1958, pp. 1-77; « *Etude géomorphologique de l'Extrême-Sud de Madagascar* », Thèse d'Etat, Paris, 1964, Editions Cujas. La synthèse de la chronologie du Plio-Quaternaire est présentée dans la note suivante: « *Les divisions du Plio-Quaternaire du Sud de Madagascar* », Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences, tome 248, Paris, 1959, pp. 992-993.

*AEPYORNIEN*

Ce terme a été créé à cause de la difficulté de définir exactement ce que l'on entend par «Quaternaire» à Madagascar et plus précisément pour situer la charnière entre le Pliocène supérieur et le Quaternaire ancien (Battistini 1957b, 1958a et 1959b). Si cela est relativement aisé en Afrique orientale ou australe par exemple où les différents stades de l'évolution morphologique quaternaire peuvent être mis en relation avec des industries humaines, il n'en va pas de même à Madagascar en l'absence de préhistoire. Une difficulté supplémentaire provient du fait que, le «Néogène» malgache est, à de rares exceptions près (lacustre des Hautes Terres centrales par exemple), azoïque. Appartiennent à l'Aepyornien l'ensemble des formations sédimentaires continentales à débris d'oeufs d'*Aepyornis*. Ce sédimentaire à *Aepyornis* est, dans l'Extrême-Sud, postérieur aux dépôts bariolés et ferruginisés du biseau «néogène» (qui correspond lui-même aux formations corrélatives de l'aplanissement qui s'est développé à la fin du Tertiaire surtout dans les roches du socle précambrien du nord de l'Androy et du Mahafaiy). Le grand bourrelet littoral du sud de l'Androy, constitué de grès dunaires qui viennent recouvrir la terminaison aval du biseau néogène, est en totalité aepyornien. La basse terrasse, la moyenne terrasse rubéfiée de l'Extrême-Sud contiennent aussi l'*Aepyornis*, ce qui n'est pas le cas de la très haute terrasse de dépôts bariolés et ferruginisés de 35-45 m du bas Mandrare à Amboasary, qui serait donc pré-aepyornienne. L'avantage de l'emploi du terme d'«Aepyornien» est que, lorsque l'on parle d'Aepyornien ancien, on ne préjuge nullement d'une correspondance exacte avec ce qu'il est convenu d'appeler ailleurs de Quaternaire ancien.

Dans l'Extrême-Sud malgache la période aepyornienne est marquée par trois transgressions marines majeures: tatsimienne, karimbolienne et flandrienne. L'arrivée de la mer karimbolienne, vers 160 000 B.P. marque la fin de l'Aepyornien ancien, période de beaucoup la plus longue. L'arrivée de la transgression flandrienne marque la fin de l'Aepyornien moyen. L'Aepyornien supérieur représente donc une durée très courte allant environ depuis 6 000 B.P., date à laquelle la mer a atteint, à la fin de la transgression flandrienne, un niveau proche de l'actuel, jusqu'à la disparition des derniers *Aepyornis* à l'époque protohistorique (1): il correspond donc au système dunaire le plus récent de l'Extrême-Sud, celui de la dune flandrienne, où l'*Aepyornis* devait pulluler si l'on en juge par l'énorme accumulation des débris de ses oeufs en certains endroits, avant son extermination par l'homme.

---

(1) Ou même au début de l'époque historique, puisque Fernand von Hochstetter (cité par Houvelmans «*Sur la piste des bêtes ignorées, Amérique, Sibérie, Afrique, Plon*», 1955, p. 314) parlant de Malgaches venus à l'île Maurice, écrit que «les récipients qu'ils avaient apportés avec eux pour y mettre l'alcool étaient des coquilles d'oeufs huit fois aussi grands que ceux de la poule. Des oeufs ayant une contenance de deux gallons (9 l). Ils racontèrent que ces oeufs étaient trouvés de temps en temps parmi les roseaux et que l'oiseau était parfois aperçu». Flacourt fait aussi allusion à l'*Aepyornis* vivant.

CHRONOLOGIE DE L'AEPYORNIEN (Extrême Sud de Madagascar)						
Ages B. P.		Niveau marin	Climat	Dunes	Terrasses fluviales	
6000	AEPYORNIEN SUPERIEUR	Proche du niveau actuel	Assechement du climat	Dune flandrienne et actuelle	Basse terrasse	
	AEPYORNIEN MOYEN	WURM	Transgression flandrienne	Pluvial lavanonien	Légère rubefaction de la Petite Dune	Moyenne terrasse
Entre moins 110 et moins 10m						
AEPYORNIEN MOYEN		WURM	Karimbolien III	Climat plus sec	Petite Dune	
			Karimbolien II (+6m ?)	?		
	Karimbolien I					
160000	AEPYORNIEN ANCIEN	SRISS	?	Pluvial ankitrien	Intense rubefaction de la grande Dune	Haute terrasse rubétiée
			?	?		
			?	Ambovombien: (un ou plusieurs pluviaux?)		
			?	climat plus sec ?	Grande Dune (jaune)	Dune tatsimienne
			?			
			2,2 M ?		Tatsimien	?
			Pluvial pré-tatsimien		Très haute terrasse	

### TATSIMIEN

Ce terme désigne la plus ancienne des trois transgressions de la période aepyornienne (Battistini 1959a). Il est appliqué aux dépôts marins fossilifères qui affluèrent à la base des trois grandes coupes du cap Andrahomana en pays tatsimo, de la falaise de l'Ankihy entre le cap Andrahomana et l'embouchure du Mandrare, et de l'extrémité du cap Sainte-Marie. Ces dépôts marins sont recouverts par des grès-calcaires dunaires à stratification entrecroisée de couleur saumon, épais de 10 à 20 m, auxquels on peut appliquer aussi le terme de tatsimien car il s'agit d'une dune contemporaine du maximum marin ou mise en place au tout début de la période de régression qui a suivi (les débris coquilliers qu'on y trouve sont d'origine proche). A l'extrémité du cap Sainte-Marie, la dalle marine est discordante sur les calcaires marins miocènes à *Cyphus arenarius*, et sur des poches argilo-calcaires continentales à débris d'oeufs d' *Aepyornis*: on aurait donc là un Aepyornien continental pré-tatsimien représentant le tout début de la période aepyornienne (Voir la coupe dans Battistini 1964a, p. 366).

### LA GRANDE DUNE

Les 1 500 m de grès-calcaires jaunes de texture très fine qui, dans la région du cap Sainte-Marie, recouvrent la dalle marine et la dune saumon tatsimiennes, résultent au contraire d'apports éoliens lointains. Ce sont ces grès-calcaires jaunes qui constituent, en volume, l'essentiel du bourrelet littoral du pays karimbola et du sud de l'Androy, large d'une vingtaine de kilomètres. Ils ont été mis en place à un moment où la mer était plus ou moins loin vers le sud et où l'exondation du large plateau continental du sud de l'Androy permettait d'importants remaniements par le vent. Les coupes montrent que l'accumulation éolienne a été entrecoupée de nombreuses pauses marquées par des bancs horizontaux bourrés de mollusques continentaux (faune à *Clavator clavator* Petit var. *anteclavator*, constituant la plus ancienne des trois faunes de Mollusques continentaux décrites par P. Jodot 1952). Etant donné que l'on ignore combien de temps a duré la mise en place de ce complexe dunaire, étant donné aussi que cette mise en place s'est faite très probablement pour l'essentiel en période de bas niveaux marins, je propose de réserver le terme de «Tatsimien» aux dépôts marins de base et à la dune saumon limitée en volume par rapport à l'énorme masse de la «Grande Dune» qui les surmonte.

### AMBOVOMBIEN

Avant qu'elle soit entaillée par la mer karimbolienne, la Grande Dune a été soumise à une intense rubéfaction (sables roux de décalcification) sous climat plus humide que l'actuel, en même temps que son relief était adouci et même presque complètement oblitéré. La période de haut niveau marin karimbolienne étant bien située en chronologie absolue grâce à des datations radiométriques Th/Ur

(160 000 - 80 000 B.P. = inter Riss-Würm), on sait que cette rubéfaction s'est produite pour l'essentiel avant 160 000 B.P. Le terme d'« Ambovombien » (Battistini 1959a) s'applique à cette période de rubéfaction et de quasi-nivellement de la Grande Dune, qui sans doute inclut non pas une seule, mais plusieurs oscillations climatiques humides. Faute de datation radiométrique du Tatsimien marin et de la Grande Dune, on en est réduit à des suppositions sur la durée de l'Ambovombien. Mais tout porte à croire que cette période, qui se situe dans la seconde moitié de l'Aepyornien ancien, a duré beaucoup plus longtemps que l'Aepyornien moyen et l'Aepyornien supérieur réunis: sans doute plusieurs centaines de milliers d'années. Si la datation de  $2,20 \pm 0,30$  MA donnée pour le Tatsimien de l'Extrême-Nord de Madagascar par Rossi (1980) est exacte, on voit que la fourchette dans laquelle on peut situer l'Ambovombien est de l'ordre du million d'années. Plutôt qu'un seul « pluvial » de grande intensité, le terme regroupe probablement plusieurs « pluviaux » qui se sont succédés durant un long laps de temps.

### ANKITRIEN

Ce terme s'applique à la dernière des oscillations « pluviales » de l'Aepyornien ancien. Cette oscillation est marquée dans la région du bas Mandrare (près du village d'Ankity) et sur la plaine côtière karimbola, par des entailles dans les grès-calcaires de la Grande Dune, et par des épandages eux-mêmes rubéfiés antérieurs à l'arrivée de la mer karimbolienne et aux glaciés d'épandage du pluvial lavanonien (Battistini 1959c) qui sont emboîtés en contrebas et sont, eux, beaucoup moins pédogénéisés.

### KARIMBOLIEN

Une grande confusion s'est installée dans l'utilisation du terme « Karimbolien » que j'ai créé pour désigner dans l'Extrême-Sud de Madagascar des dépôts marins transgressifs (grès de plage et calcaires coralliens) discordants sur les grès-calcaires du Tatsimien et de la Grande Dune et dont l'altitude dans le pays karimbola ne dépasse pas 3 ou 4 m (Battistini 1957b). Dans la région du cap Sainte-Marie où se trouvent les coupes types (Battistini 1958a) la mer karimbolienne a fait reculer en grandes falaises les grès-calcaires de l'Aepyornien ancien. La dalle marine karimbolienne est recouverte par des grès-calcaires dunaires à stratification entrecroisée (Petite Dune). En d'autres endroits, elle est recouverte aussi (en particulier dans la région de Lavanono sur la plaine karimbola) par une importante série détritique mise en place par d'intenses ruissellements (« pluvial » lavanonien).

La transgression karimbolienne inaugure l'Aepyornien moyen dont les dépôts, à la différence de ceux de l'Aepyornien ancien, ne sont que faiblement pédogénéisés: ainsi, pour la « Petite Dune », faiblement décalcifiée en sables gris-rosés à rouge pâle.

La création du terme «karimbolien» était justifiée au départ en l'absence de datations radiométriques mais, dès le début, on pouvait supposer qu'il s'agissait de l'avant-dernière grande transgression marine connue dans le monde entier à l'inter Riss-Würm (sous le nom d'Eemien dans l'Europe du Nord et du Nord-Ouest; de Sangamon en Amérique du Nord; de Tyrrhénien en Méditerranée). Cette correspondance a été confirmée par des datations radiométriques par la méthode  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ , effectuées non seulement dans le Sud de Madagascar, mais aussi dans l'Extrême-Nord, dans les îles Glorieuses, à Aldabra et à l'île Maurice. Il est apparu que ces âges se groupaient autour de 150 000 B.P., 120 000 B.P. et 100 000 - 80 000 B.P. ce qui nous a permis de parler de Karimbolien I, II et III (Battistini 1976b et 1977b). Ces résultats concordent avec ce qui est connu ailleurs un peu partout dans le monde, d'une longue période inter Riss-Würm de hauts niveaux marins, pour laquelle je propose la généralisation du terme d'«Eemien», terme en principe seulement utilisé dans l'Europe du Nord et du Nord-Ouest.

### LA PETITE DUNE

Il s'agit du complexe dunaire dont la construction a commencé lorsque la mer karimbolienne est arrivée vers 160 000 B.P. mais dont l'essentiel en volume a été mis en place au début de la grande régression qui a suivi la période de haut niveau marin karimbolien, c'est-à-dire à partir de 80 000 B.P. En général, dans les coupes, les grès-calcaires à stratifications entrecroisées dunaires de la Petite Dune surmontent la dalle marine karimbolienne. Le matériel dunaire est le plus souvent assez grossier, constitué de grains de quartz et de débris coquilliers reconnaissables, même si l'on trouve parfois aussi un faciès fin poudreux comparable à celui de la Grande Dune. La Petite Dune que je qualifie aussi de «dune karimbolienne», est venue se plaquer contre la Grande Dune dans le sud de l'Androy en la recouvrant: elle constitue la partie la plus méridionale du bourrelet dunaire aepyornien de l'Androy au sud d'Ambovombe. Elle fossilise les paléosols rouges ambovombiens de décalcification de la Grande Dune. Contrairement à cette dernière, elle n'a subi qu'une faible pédogénétilisation et la topographie dunaire est encore bien reconnaissable.

### LAVANONIEN

Postérieurement à la mise en place de la Petite Dune ont été mis en place des dépôts grossiers de piémont, témoins d'une période de ruissellement intense sous un climat plus humide qu'actuellement (Battistini 1958a). Les coupes types sont celles du piémont de Lavanono, à l'ouest du cap Sainte-Marie, où les épandages nourris par le recul de la falaise interne dans l'Aepyornien ancien, ont recouvert la dalle marine et les grès-calcaires dunaires du Karimbolien: il s'agit, sur une épaisseur de 3 à 6 m, de lits de galets et gravillons fluviaux mal roulés alternant avec des lits de sables jaunes pulvérulents repris de la Grande Dune et contenant, avec des débris d'oeufs d'*Aepyornis*, la faune 2 de Mollusques continentaux définie par P. Jodot (1952). Des datations radiométriques par la méthode du  $^{14}\text{C}$  ont donné, sur des débris d'*Aepyornis* prélevés dans la coupe de Lavanono, proche du village (Battistini 1966b) les âges suivants:

a) prélèvement à mi-hauteur de la formation détritique épaisse en cet endroit de 4 à 6 m: plus de 32 600 B.P. (carbone mort);

b) prélèvement dans la partie supérieure de la formation détritique, à 80 cm de profondeur par rapport au sommet de la coupe: 6 760 B.P. ( $\pm 100$ ).

Le «pluvial» lavanonien se situe donc chronologiquement après la période de hauts niveaux marins inter-Riss-Würm et juste après la Petite Dune qui a été mise en place pour l'essentiel au début de la régression post-karimbolienne. Il correspondrait au Würm (= Weichsel) et se serait poursuivi probablement jusqu'à la fin du Würm III. Il marque la fin de l'Aepyornien moyen.

### L'ASSECHEMENT DU CLIMAT ET LES MICRO-VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER A L'AEPYORNIEN SUPERIEUR

Une croûte calcaire scelle le piémont lavanonien qui n'est plus aujourd'hui fonctionnel. Il s'agit donc d'un piémont fossile attaqué en falaises par la transgression flandrienne, et recouvert par les dunes vives ou fixées récentes. Cet assèchement récent du climat avait été signalé par Decary (1930) et confirmé par les travaux ultérieurs. Contrairement à Decary, et à Mahé et Sourdat (1972), nous pensons toutefois que la disparition de la grande faune des subfossiles, dont l'*Aepyornis*, dans tout Madagascar, et à une époque très récente (moins d'un millénaire) n'est pas à mettre en relation avec l'évolution du climat mais avec l'arrivée de l'homme dans la Grande Ile (Battistini et Vérin 1966; Battistini 1976a).

Depuis la fin de la transgression flandrienne, au cours de laquelle la mer a remonté d'environ 110 m (vers 18 000 B.P.) jusqu'au niveau actuel atteint autour de 6 000 B.P., le niveau marin a connu des oscillations de faible amplitude de part et d'autre du zéro. La preuve de stationnements un peu au-dessus du niveau actuel est donnée par des encoches fossiles de corrosion superposées dans les falaises calcaires, et par des témoins de corail en place légèrement au-dessus du niveau supérieur actuel de croissance des coraux. A l'ouest de Fort-Dauphin, une encoche à 1,30 m au-dessus de l'encoche actuelle a été datée de  $2\ 250 \pm 420$  B.P. (Battistini 1963a); De telles encoches fossiles ont été signalées en divers endroits des côtes malgaches: dans le sud-ouest, dans la région de la baie des Assassins (Battistini 1960b; Salomon 1986), dans les îles Radama (Guilcher *et alii* 1958), etc... Des témoins de coraux en position de croissance jusqu'aux environs de 2 m au-dessus de leur niveau supérieur actuel de croissance, et d'anciens niveaux à Vermets, témoignent aussi de ces oscillations et ont pu être datés par la méthode du C 14 dans le sud de Madagascar et dans d'autres secteurs du littoral malgache (Battistini 1964d, 1970, 1971a, 1977a; Battistini, Delibrias et Laborel 1976).

### **La place des terrasses fluviales dans la chronologie**

La très haute terrasse, souvent indurée en grès ferrugineux, est considérée comme nous l'avons dit, comme pré-aepyornienne: ainsi la terrasse de 35-45 m du bas Mandrare (Amboasary) que l'on retrouve dans le sud-ouest, par exemple vers une cinquantaine de mètres, dans la partie interne du delta du Mangoky. La plus élevée des terrasses décrites par Vogt (1965) dans la région de la Sakoa appartient probablement à cette même génération de terrasses.

Un système de trois terrasses caractérise la période aepyornienne:

a) La haute terrasse vers 10-15 m, inclut au moins dans sa partie inférieure de gros galets et est profondément rubéfiée. Elle est pré-karimbolienne. La rubéfaction est ambovombienne, sans qu'il soit possible de préciser davantage.

b) La moyenne terrasse, vers 5-6 m, est moins grossière et est peu altérée. On sait qu'elle est post-karimbolienne car sur la basse Menarandra par exemple, elle est emboîtée dans la Petite Dune et recouvre un élément de récif ancien karimbolien. Sa mise en place s'est donc faite pendant le « pluvial » lavanonien.

c) La basse terrasse a été mise en place depuis 6 000 ans (terrasse flandrienne à actuel).

## **II. APPLICATION DE LA CHRONOLOGIE DE L'EXTREME SUD A D'AUTRES REGIONS DE MADAGASCAR**

Nous examinerons et discuterons l'application de cette chronologie dans deux domaines: celui des niveaux marins et des dunes littorales; celui des terrasses fluviales et des pluviaux.

Le long stationnement de la mer à un niveau proche du niveau actuel à l'inter-Riss-Würm est fondamental dans la morphologie des côtes de Madagascar comme à peu près partout ailleurs dans le monde (Karimbolien = Eemien = 16 000 - 80 000 B.P.).

Dans la région de Fort-Dauphin on peut observer le passage du Karimbolien grésifié de l'Extrême Sud à un système de cordons sableux anciens que l'on suit ensuite le long de la côte orientale (Battistini 1964a et 1978). Les éléments de ces vieux cordons karimboliens de la côte est s'échelonnent par endroits jusqu'à 10-12 m d'altitude. Si l'on admet avec la plupart des auteurs (Bloom *et alii* 1974; Shackleton et Opdyke 1973) que la mer à l'inter-Riss-Würm (Karimbolien = Eemien) n'a pas dépassé 6 m d'altitude, la tendance générale de cette partie du littoral malgache serait à l'exhaussement (4 à 6 m en moyenne). Il faut faire abstraction naturellement des mouvements de blocs locaux, en particulier dans la région de la baie d'Antongil où l'on a une côte de structure quadrillée faillée: à Maroantsetra par exemple, l'absence de cordon karimbolien est l'indice d'une subsidence locale et non d'un soulèvement.

De la même manière le Karimbolien est présent à peu près partout dans l'Extrême Nord de Madagascar. A la baie des Dunes, deux âges radiométriques par la méthode Th/Ur ont été obtenus sur du corail soulevé: autour de 130 000 et de 160 000 B.P. (Battistini, Lalou, Elbaz 1976). Dans l'Extrême Nord-Ouest par



contre, le Karimbolien est absent depuis la baie du Courrier et le delta de la Mahavavy jusqu'à la péninsule d'Ampasindava. On l'a retrouvé au-dessous du zéro par sondage sous le delta du Sambirano (Battistini 1960a). Cette partie nord-ouest du littoral malgache est donc subsidente en avant de grandes failles comme la faille de l'Ankarana ou celle du Bas-Sambirano.

Une conclusion évidente et fondamentale pour la suite du débat s'impose donc : le Karimbolien (= Eemien) est incontestablement déformé.

Comment dans ces conditions admettre avec Rossi (1980) l'existence d'un niveau marin ivononien de 10 m, général selon cet auteur à Madagascar, plus ancien que le Karimbolien et qui ne serait pas déformé? Rossi date la transgression ivononienne de 240 000 B.P. par corrélation avec une datation radiométrique que nous avons obtenue sur la côte kényane à Sun San Beach, au sud de Kilify (Battistini *et alii* 1976). Se basant sur cet âge obtenu sur une côte éloignée de Madagascar, Rossi considère comme appartenant à l'ivononien (non déformé) les éléments de terrasses marines des côtes malgaches montant jusqu'aux environs de + 10 m, et réserve le terme de Karimbolien à un niveau de 3 m plus récent, lui non plus non déformé.

En attendant de nouvelles datations radiométriques du Quaternaire marin dans l'Extrême Nord de Madagascar (tous les échantillons que j'ai fait dater pour le compte de Rossi par le laboratoire des Faibles Radioactivités de Gif-sur-Yvette se sont révélés non datables à cause d'un excès de calcite), il est préférable de douter jusqu'à plus ample information de la réalité de l'ivononien. En d'autres termes et pour parler clairement, je pense que l'étage ivononien n'existe pas et qu'une confusion a été faite par Rossi avec les Karimbolien I et II dont l'altitude sommitale atteint souvent 8 ou 10 m dans les secteurs littoraux dont la tendance tectonique est au soulèvement: le Karimbolien I parce qu'il est le plus ancien (autour de 150 000 B.P.) et qu'il a donc bénéficié d'une composante de soulèvement plus importante; et le Karimbolien II (autour de 120 000 B.P.) parce que son altitude originelle était déjà d'environ 6 m. Ce que Rossi appelle « Karimbolien » (le niveau dit de 3 m) serait une limitation du terme au Karimbolien III (100 000 - 80 000 B.P.). Même cela admis, il demeure la réalité des déformations, indiscutables à mon avis tant pour le Karimbolien (même réduit au niveau III) que pour les niveaux marins plus anciens. Quoi qu'il en soit, la controverse montre combien il serait utile de multiplier à Madagascar les datations radiométriques même si de telles datations peuvent parfois laisser une large marge d'incertitude.

Le problème est encore compliqué par la possibilité de l'expression sous la forme de terrasses marines émergées de stationnements marins dont l'altitude originelle était inférieure au zéro. Il suffit pour cela d'une composante de soulèvement tectonique suffisante. Ainsi, par exemple, dans le sud-ouest d'Haïti, ou bien dans la péninsule de Huon en Nouvelle-Guinée (Bloom *et alii* 1974), où s'expriment sous la forme de nombreuses terrasses marines étagées, des stationnements marins à l'origine inférieurs au zéro. Il est probable que cela est le cas pour le niveau daté de 240 000 B.P. sur la côte du Kenya. J'ai émis l'hypothèse d'une telle possibilité pour le niveau de 10-12 m de l'extrémité du Cap d'Ambre (coupe du phare), secteur du littoral où la composante de soulèvement semble particulièrement importante.

Une autre déviation du terme « Karimbolien » doit être signalée. Dans leur classification chronologique des séries dunaires de la plaine de Tulear, Bourgeat, Sourdat et Tricart (1979) utilisent le terme de « Karimbolien II » pour la dune Q 22, mise en relation avec un niveau marin inférieur au zéro qu'ils datent de 32 000 B.P. (Tableau dans l'ouvrage cité p. 50). On sait qu'en divers endroits dans le monde, par exemple au sud de Tunis, des dunes anciennes ont été datées par la méthode du C 14 autour de 30 000 B.P. Une telle poussée dunaire à cette époque s'explique par une transgression marine intra-Würm (dite aussi interstadaire entre le Würm II et le Würm III) que la plupart des auteurs s'accordent à considérer comme n'ayant pas dépassé l'altitude de 15 à 10 m au-dessous du zéro. On peut pour cette transgression, utiliser le terme d'« Inchirien », mais sûrement pas celui de Karimbolien.

Je suis par contre tout à fait d'accord avec ces auteurs, ainsi qu'avec Salomon dans sa thèse (p. 869) pour que la Grande Dune intensément rubéfiée ne soit plus qualifiée de « tatsimienne » mais de « post-tatsimienne », l'appellation de dune tatsimienne étant limitée, comme je l'ai précisé dans la terminologie, à la dune saumon qui constitue seulement la partie inférieure de la Grande Dune : en effet, la Grande Dune a été pour sa partie principale, mise en place lors d'une ou de plusieurs importantes régressions de la mer qui ont exondé largement la plate-forme continentale et cela bien après le Tatsimien *stricto sensu*.

En ce qui concerne les terrasses fluviales, il semble y avoir une bonne correspondance entre les travaux menés dans diverses régions de Madagascar. Salomon (Thèse 1986) retrouve dans l'ensemble du Sud-Ouest le même système de terrasses que celui que j'ai décrit dans l'Extrême Sud. Dans l'Extrême Nord, Rossi (1980) décrit une haute terrasse grossière et très rubéfiée, une moyenne terrasse légèrement rubéfiée et une basse ou très basse terrasse. Sur les Hautes Terres centrales, Bourgeat (Thèse 1972), Bourgeat et Petit (1966) ainsi que Hoeblich (1983) distinguent aussi trois terrasses à 20-30 m, 10-20 m et une basse terrasse récente; la moyenne terrasse a été datée sur des tourbes par la méthode du C 14 de plus de 32 000 B.P. (Bourgeat et Petit 1966) ce qui la met en bonne corrélation avec la moyenne terrasse de l'Extrême-Sud.

On considère en général que la morphogenèse est surtout active lors des crises climatiques correspondant au passage d'un displuvial à un pluvial (Bourgeat et Petit 1966; Rossi 1984): le ruissellement a un maximum d'efficacité à ce moment crucial où le sol est encore imparfaitement couvert par la végétation et avant qu'une couverture forestière continue ne s'installe une fois le pluvial bien établi. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que la notion de « pluvial » n'est que relative: elle signifie seulement une augmentation des précipitations par rapport à un état antérieur. Ainsi, une pluviosité de 800 mm à 1 m peut-elle correspondre dans l'Extrême Sud à une période « pluviale » alors que sur les Hautes Terres ou dans le domaine oriental, il s'agirait d'un displuvial pour le même total pluviométrique. Il est probable que l'intense ruissellement à l'origine de la formation du piémont lavanonien s'est produit

lors de pluies brutales dont le total annuel ne devait pas dépasser cet ordre de grandeur (double de la pluviosité actuelle). Même lors de ce « pluvial » de l'Extrême Sud, le sol ne devait pas être beaucoup mieux couvert par la végétation qu'il ne l'est actuellement ce qui expliquerait peut-être que la moyenne terrasse présente une sédimentologie assez uniforme de la base au sommet, et expliquerait aussi l'importance des dépôts de piémont, les phénomènes de ruissellement ayant gardé toute leur importance durant la totalité du « pluvial » (alors que dans des régions plus humides l'installation d'un couvert forestier continu limite ce ruissellement une fois le pluvial installé). La relativité de la notion de « pluvial » éclaire le désaccord entre mon interprétation de la brèche de Sarodrano et du glacis d'accumulation de la plaine de Tulear et celle qu'en donne Sourdat. Partant de l'idée que c'est en période displuviale que le ruissellement est le plus actif (ce qui est sûrement vrai sur les Hautes Terres centrales et dans le domaine oriental mais, à mon avis, pas à Tulear), Sourdat (1977) fait correspondre la brèche de Sarodrano avec un displuvial qu'il place à la fin du Moramangien, et les dépôts de piémont de la plaine de Tulear avec un displuvial correspondant au Sambainien ou au Vavatenien de Bourgeat. A l'opposé, je place la formation de la brèche de Sarodrano dans l'Ambovombien, et celle du glacis de Tulear dans des conditions pluviométriques qui, dans le Sud, sont « pluviales » mais peu différentes de conditions qui, sur les Hautes Terres, seraient considérées comme « displuviales ». Il ne faut pas perdre de vue que la région de Tulear reçoit actuellement moins de 400 mm de pluie par an en moyenne. Il y a certes de grandes irrégularités interannuelles et la possibilité de grosses averses qui entraînent un ruissellement notable. Je pense toutefois que les dépôts de piémont de la plaine de Tulear, étant donné leur volume, comme ceux du piémont de Lavangano (qui, lui, est encroûté et non fonctionnel aujourd'hui) n'ont pu être mis en place que sous un régime pluviométrique à averses plus importantes et plus fréquentes qu'actuellement, donc en période « pluviale » et non « displuviale ».

Ce caractère relatif des « pluviaux » amène aussi à nuancer la relation quasi automatique que l'on fait habituellement entre dune et displuvial. Il n'est pas évident que dans l'Extrême Sud un pluvial à 800 mm et à averses brutales interdise vraiment la formation de dunes. Le couvert végétal des régions littorales de l'Extrême Sud doit beaucoup aux précipitations occultes (rosée) et il n'est pas certain que sous 800 mm la végétation ait été très différente de ce qu'elle est actuellement. La mise en place de la Petite Dune intervenant pour l'essentiel après celle de la dalle marine karimbolienne qu'elle recouvre, on en a conclu peut-être un peu hâtivement qu'un climat humide devait exister à l'inter-Riss-Würm, suivi par une période sèche (displuvial) lors de la régression post-karimbolienne (à partir de 80 000 B.P.). En réalité, il est difficile de faire la démarcation entre ce qui revient, dans la formation de la Petite Dune, à un assèchement du climat d'une part, et à des conditions favorables au remaniement par le vent de grandes masses de sables créés par l'exondation du plateau continental d'autre part. A la limite, on peut se demander si l'exondation du plateau continental n'a pas été la condition suffisante et nécessaire à la création de la Petite Dune, sans qu'il faille obligatoirement invoquer un

assèchement du climat. En d'autres termes, il est possible que dans l'Extrême Sud semi-aride le climat n'ait jamais été assez humide, au moins dans l'Aepyornien moyen et supérieur, pour paralyser efficacement des remaniements éoliens. C'est aux régions à climat actuellement plus humide qu'il faut se référer (région charnière de Fort-Dauphin par exemple, ou région de Vohemar dans le nord-est) si l'on veut utiliser sans réserve les dunes comme argument paléoclimatique.

Enfin, il faut tenir compte d'une particularité du climat de l'Extrême Sud. Le Sud de Madagascar a pu, à certains moments, bénéficier de pluies du front polaire (passage de dépressions de la grande circulation atmosphérique d'ouest en est) plus importantes que celles qui aujourd'hui créent un petit maximum pluviométrique en juin à Tulear par exemple. Pour cette raison, il n'est pas évident que les pluviaux des Hautes Terres centrales ou de l'Extrême Nord coïncident de manière absolue avec ceux de l'Extrême Sud. Vouloir faire coïncider exactement les pluviaux de Madagascar avec ceux de l'Afrique orientale, ressortit d'un exercice encore plus périlleux surtout tant que l'on ne dispose pas d'un nombre suffisant de datations radiométriques.

Ces considérations ont pour but de montrer que la réalité est complexe et d'inciter à la prudence. Elles peuvent permettre de comprendre la difficulté de mettre en corrélation le Lavanonien avec tel ou tel pluvial ou displuvial évoqué par Bourgeat sur les Hautes Terres ou dans le Centre-Est. Le Lavanonien tel que je l'ai défini dans l'Extrême Sud en m'appuyant sur de trop rares données chronologiques fournies par des datations radiométriques, inclurait semble-t-il le pluvial post-sambainien de Bourgeat mais aussi le displuvial vavatenien et le pluvial post-vavatenien de ce même auteur. Chronologiquement il se situerait *grosso modo* dans la même période que le Gamblien d'Afrique orientale.

Le terme d'« Ambovombien » a souvent été utilisé pour désigner dans diverses chronologies les périodes les plus variées de l'Aepyornien, pluviales ou displuviales, et cela sans tenir compte de sa définition première. Je rappelle (Battistini 1959a et 1964a) que ce terme désigne une période probablement longue et complexe d'intense rubéfaction de la Grande Dune de l'Extrême Sud de Madagascar, sous climat certainement plus humide que le climat actuel. L'Ambovombien est antérieur à l'arrivée de la mer karimbolienne (vers 150 000 B.P.). Il est antérieur aussi à une période pluviale pré-karimbolienne, l'Ankitrien. Je me bornerai à deux exemples illustrant l'utilisation anarchique et erronée du terme « Ambovombien »: Bourgeat (thèse 1972) place le pluvial ambovombien en vis-à-vis du Karimbolien c'est-à-dire dans l'inter-Riss-Würm (tableau chronologique, p. 113); Hoeblich (1983) fait de l'Ambovombien non plus un pluvial mais un displuvial placé lui aussi en vis-à-vis du Karimbolien c'est-à-dire entre 80 000 et 150 000 B.P. Il y a là une confusion terminologique et chronologique manifeste.

Salomon (Thèse 1986) utilise le terme de manière plus pertinente en le plaçant en vis-à-vis de l'Antsiranien de Rossi, donc bien avant le Karimbolien. Mais il fait durer l'Ambovombien jusqu'à la fin de l'Ivononien de Rossi, Ivononien qui, selon moi, n'existe pas.

Dans l'état actuel des recherches et en l'absence de datations radiométriques, il est admissible de faire correspondre, au moins pour une part, l'Ambovombien au pluvial très humide pré-moramangien de Bourgeat: position à laquelle se rallie Salomon (Thèse 1986, tableau p. 887). Salomon met en relation l'Ambovombien avec deux pluviaux de l'Afrique orientale, le Kanjerien et le Kamasien: la corrélation avec le Kamasien est possible quoique difficile à prouver; il est par contre difficile de dire si l'on doit mettre le Kanjerien en corrélation avec l'Ankitrien ou avec la fin de l'Ambovombien. Enfin, d'une manière plus générale, il reste à démontrer la correspondance chronologique des périodes pluviales à Madagascar et en Afrique orientale, faute de quoi, l'établissement de telles corrélations demeure illusoire (on peut toutefois les accepter à titre d'hypothèse de travail).

## CONCLUSION

Les travaux menés jusqu'à présent à Madagascar concernant l'évolution du relief et la chronologie du Quaternaire ont, pour la plupart, un caractère de reconnaissance. Il importe maintenant d'entreprendre des études de détail. Pour prendre l'exemple de l'Extrême Sud, il serait fondamental d'étudier la très riche faune marine du Tatsimien marin et de dater en chronologie absolue le début de l'Aepyornien; d'analyser la stratigraphie de détail de la Grande Dune jaune afin de déterminer les différents épisodes de sa mise en place (les nombreux « joints » à Mollusques continentaux qui alternent avec des bancs dunaires à stratification entrecroisée portent à croire que cette mise en place a été complexe); de démêler, par des études plus fines, quelles sont les différentes composantes chronologiques de la longue période de décalcification et de rubéfaction de la Grande Dune, regroupées pour l'instant sous le vocable général d'« Ambovombien ». Le même travail de détail devra être entrepris dans d'autres régions de l'île, en particulier dans l'Extrême Nord où il existe un Quaternaire marin et dunaire au moins aussi riche que celui de l'Extrême Sud et qui plus est, est en relation avec des coulées volcaniques dans la région d'Antsirana (l'étude de ce Quaternaire n'a été qu'ébauchée par les travaux de Rossi). Il conviendra, dans un certain nombre de régions-clés côtières ou de l'intérieur de l'île (par exemple, dépression du Mangoro et bassins lacustres du pourtour de l'Ankaratra) de multiplier les datations radiométriques afin de disposer de repères chronologiques solides. Ce sont là des conditions pour établir des corrélations autres qu'hypothétiques à l'intérieur du Quaternaire malgache d'une part, et entre Quaternaire malgache et celui de l'Afrique orientale d'autre part.

*R. BATTISTINI*

## BIBLIOGRAPHIE

Etant donné l'objet de l'article, la bibliographie est la plus complète possible pour l'Extrême Sud. Pour les autres régions de Madagascar, seuls les travaux les plus importants, ou ceux qui sont mentionnés dans le texte, ont été retenus.

- BATTISTINI R. - 1957a - Sur l'existence d'un récif corallien ancien émergé à l'embouchure de la Menarandra (Extrême Sud de Madagascar), *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, p. 264.
- BATTISTINI R. - 1957b - Note préliminaire sur le niveau marin de 3 m et les séries dunaires de l'Extrême Sud de Madagascar, *Bull. Soc. Géol. de France*, Tome VI, fasc. 1, 3-10-1967, 1 pl., 3 fig.
- BATTISTINI R. - 1958a - Structure et géomorphologie du littoral karimbola, *Mém. de l'Irsm*, série F, Tome 2, pp. 1-78, 44 fig., 32 ph.
- BATTISTINI R. - 1958b - Note sur l'existence d'encoches fossiles de corrosion marine dans la baie des Galions (Extrême Sud de Madagascar) et sur les variations récentes du niveau de la mer, *Mém. Irsm*, série F, Tome 2, pp. 79-87, 5 fig.
- BATTISTINI R. - 1959a - Définition du Tatumien dans le Quaternaire littoral de l'Extrême Sud de Madagascar, *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, n° 2, séance du 16.12.59.
- BATTISTINI R. - 1959b - Les divisions du Plioquaternaire du Sud de Madagascar, *C.R. séances Acad. Sc.*, T. 248, pp. 992-993, 16.2.59.
- BATTISTINI R. - 1959c - Note préliminaire sur l'existence de deux périodes pluviales de démantèlement de la « Grande Dune » pétrifiée du sud de l'Androy, *Le Naturaliste malgache*, XI, 1-2, pp. 19-29, 11 fig.
- BATTISTINI R. - 1960a - Description géomorphologique de Nosy-Be, du delta du Sambirano et de la baie d'Ampasindava, *Mém. Irsm*, série F., T. III, 223 p., 86 fig.
- BATTISTINI R. - 1960b - Quelques aspects de la morphologie du littoral mikea (côte sud-ouest de Madagascar), *Bull. d'inf. du Coec*, 12ème année, n° 8, sept.-oct., 19 fig.
- BATTISTINI R. - 1963a - L'âge absolu de l'encoche de corrosion marine flandrienne de 1-1,3 m de la baie des Galions (Extrême Sud de Madagascar), *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, séance du 21.1.63, p. 16.
- BATTISTINI R. - 1963b - Le bourrelet littoral quaternaire (Aepyornien) de l'Extrême Sud de Madagascar, *C.R. Semaine géol. 1963*, Impr. Nat., Tananarive, pp. 23-31, 9 fig.
- BATTISTINI R. - 1963c - Les données actuelles sur le Quaternaire marin et dunaire de Madagascar, *Bull. de la Section de Géo. du Comité des Trav. histor. et scient.*, Tome LXXV, Paris, Impr. Nat., pp. 117-131, 3 fig.
- BATTISTINI R. - 1964a - L'Extrême Sud de Madagascar, Thèse principale de Doctorat, *Ed. Cujas*, Paris, 636 p., 180 fig., 121 ph.
- BATTISTINI R. - 1964b - Note préliminaire sur le Quaternaire littoral de l'Extrême Nord de Madagascar, *C.R. Semaine géol. 1964*, Impr. Nat., Tananarive, pp. 9-12, 4 fig.
- BATTISTINI R. - 1964c - Les caractères morphologiques du secteur littoral compris entre Foulpointe et Maroantsetra, *Mad. Rev. de Géo.* n° 4, janv.-juin, pp. 5-36, 12 ph.
- BATTISTINI R. - 1964d - L'âge absolu de la plature de corail mort flandrienne de 50-60 cm d'Itampolo (côte sud-ouest de Madagascar), *Mad. Rev. de Géo.* n° 4, janv.-juin 1964, pp. 109-112, 1 ph.
- BATTISTINI R. - 1965a - Sur la découverte de l'Aepyornis dans le Quaternaire de l'Extrême Nord de Madagascar, *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, 1965, Fasc. 5, séance du 24.5.65, p. 174.
- BATTISTINI R. - 1965b - L'importance de l'action de l'homme dans les transformations proto-historiques du milieu naturel à Madagascar, *Taloha* n° 1, pp. 215-223, 1 fig.

- BATTISTINI R. - 1965c - Une datation au radio-carbone des oeufs des derniers Aepyornis de l'Extrême Nord de Madagascar, *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, séance du 6.12.65, p. 309.
- BATTISTINI R. - 1965d - Le Quaternaire littoral de l'Extrême Nord de Madagascar, *Bull. Assoc. française pour l'ét. du Quatern.*, Tome II, pp. 133-144, 4 fig., 2 ph.
- BATTISTINI R. - 1965e - Problèmes géomorphologiques de l'Extrême Nord de Madagascar, *Mad. Rev. de Géo.* n° 7, juil.-déc. 1965, pp. 1-60, 18 fig., 21 ph.
- BATTISTINI R. - 1966a - Le Quaternaire littoral des environs de Dar-es-Salam (Tanzanie), *Bull. Ass. Franç. pour l'ét. du Quatern.* n° 3, pp. 191-201, 5 fig.
- BATTISTINI R. - 1966b - Un essai de datation par la méthode du radio-carbone du Lavanonien (dépôts du dernier « pluvial » de l'Extrême Sud de Madagascar), *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, fasc. 8, séance du 7.11.66, p. 281.
- BATTISTINI R. - 1967 - Les modifications du climat à Madagascar au Plioquaternaire, *Semaine Géol. 1967*, Tananarive, Impr. Nat., pp. 9-11.
- BATTISTINI R. - 1968 - Sur l'inexistence de hauts stationnements marins quaternaires, *C.R. Soc. Géol. de France*, fasc. 2, séance du 5.2.68, pp. 46-48.
- BATTISTINI R. - 1969a - Les modifications du climat à Madagascar au Plio-Quaternaire, *Mém. Acad. Malg.*, Mélanges offerts à la mémoire du Dr Henri-Louis Poisson, fasc. XLVIII, pp. 103-114, 1 tabl., 6 fig.
- BATTISTINI R. - 1969b - Le Quaternaire du littoral kenyan entre Mombassa et Malindi, *Bull. Ass. Franç. pour l'ét. Quatern.*, pp. 229-238, 4 fig.
- BATTISTINI R. - 1969c - Les datations absolues par la méthode du C 14 à Madagascar, *Palaeoecology of Africa*, vol. 4, Cape Town, pp. 195-197.
- BATTISTINI R. - 1969d - Les recherches sur les modifications du climat au Plio-Quaternaire à Madagascar, *Palaeoecology of Africa*, vol. 4, Cape Town, pp. 9-10.
- BATTISTINI R. - 1970 - Deux datations absolues du haut flandrien de Fenerive-Est (côte orientale de Madagascar), *Mad. Rev. de Géo.* n° 16, janv.-juin 1970, pp. 159-161, 1 fig.
- BATTISTINI R. - 1971a - Etat des connaissances sur les variations du niveau marin à Madagascar depuis 10 000 ans, *Sem. Géol. 1971*, Impr. Nat., Tananarive, pp. 13-15.
- BATTISTINI R. - 1971b - Conditions de gisement des sites de subfossiles et modifications récentes du milieu naturel dans la région d'Ankazoabo (Sud-Ouest intérieur), Civilisation du Sud-Ouest, *Taloha 4*, Public. Univ. de Mad., pp. 19-27, 4 fig.
- BATTISTINI R. - 1972 - L'hypothèse de l'absence de hauts stationnements marins quaternaires: essai d'application à Madagascar et au sud-ouest de l'Océan Indien, *Bull. Ass. Franç. pour l'ét. du Quatern.*, n° 31, 1972, pp. 75-81.
- BATTISTINI R. - 1973 - Chronologie du Quaternaire littoral de Madagascar, *Ass. Sénag. Et. Quatern. Afr.*, n° 13, pp. 23-30.
- BATTISTINI R. - 1975 - Recherches nouvelles sur les modifications du climat à Madagascar au Plio-Quaternaire, *Bull. Ass. Sénag. Et. Quatern. Afr.*, n° 46, pp. 67-74.
- BATTISTINI R. - 1976a - Les modifications du milieu naturel depuis 2 000 ans et la disparition de la faune subfossile à Madagascar, *Ass. Sénag. Et. Quatern. Afr.*, *Bull. liaison* n° 47, pp. 63-76, 1 fig.
- BATTISTINI R. - 1976b - Application des méthodes Th 230 Ur 234 à la datation des dépôts marins anciens de Madagascar et des îles voisines, *Bull. Ass. Etude du Quatern.*, n° 49, pp. 79-95, 5 fig.
- BATTISTINI R. - 1977a - Connaissances sur les hauts stationnements marins holocènes à Madagascar et dans les îles voisines, *Bull. Asequa*, n° 5 p. (50), Colloque sur les variations des lignes de rivage holocènes, pp. 85-93.
- BATTISTINI R. - 1977b - Ages absolus Th 230 Ur 234 de dépôts marins pléistocènes à Madagascar et dans les îles voisines, *Mad. Rev. de Géo.* n° 31, juil.-déc. 1977, pp. 73-86, 2 fig., 2 ph.

- BATTISTINI R. - 1978 - Observations sur les cordons littoraux pléistocènes et holocènes de la côte est de Madagascar, *Mad. Rev. de Géo.* n° 33, juil.-déc. 1978, pp. 9-37, 9 fig., 3 ph.
- BATTISTINI R. et CROSNIER A. - 1962 - Note sur la découverte de galets sous-marins à la profondeur de 53 m sur la plate-forme continentale de l'Extrême Sud de Madagascar, *Le Naturaliste Malgache*, XIII, 3 p., 1 fig., 2 ph.
- BATTISTINI R. et VERIN P. - 1965a - A propos d'une datation du radio-carbone du gisement de subfossiles d'Itampolo (Extrême Sud de Madagascar), *Bull. Soc. Préhist. Franç.*, séance du 8.11.64, pp. 183-185.
- BATTISTINI R. et VERIN P. - 1965b - Datation au radio-carbone du gisement de subfossiles d'Itampolo, *Bull. de Mad.*, Tananarive, juillet 1965, pp. 681-682.
- BATTISTINI R. et VERIN P. - 1965c - L'âge absolu de la disparition de la faune des grands subfossiles dans l'Extrême Sud de Madagascar, *Mad. Rev. de Géo.* n° 7, juil.-déc. 1965, p. 229.
- BATTISTINI R. et VERIN P. - 1966 - Les datations à Madagascar par la méthode radio-carbone 14, *C.R. Semaine Géol.*, 1966, Tananarive, pp. 9-12, 1 fig.
- BATTISTINI R. et VERIN P. - 1967 - Ecologic changes in protohistoric Madagascar Pleistocene Extinctions, the search of a cause, 7ème congrès de l'Inqua, vol. 6, *Yale Univ. Press*, pp. 407-424, 4 fig.
- BATTISTINI R., GUILCHER A., MAREC A.M. - 1970 - Morphologie et formations quaternaires du littoral occidental de Madagascar entre Maintirano et le Cap Saint-André, *Mad. Rev. de Géo.* n° 16, janv.-juin 1970, pp. 45-81, 9 fig.
- BATTISTINI R. et KARCHE J.P. - 1972 - Le Miocène marin et le Quaternaire de la région de la baie des Assassins (côte sud-ouest de Madagascar), *Semaine géol. 1971*, Tananarive, Impr. Nat., pp. 9-11.
- BATTISTINI R., LALOU C., ELBEZ G. - 1976 - Datation par la méthode  $^{230}\text{Th}$   $^{234}\text{U}$  du Péistocène moyen marin de Madagascar et des îles voisines, *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, fasc. 5, p. 201.
- BATTISTINI R., DELIBRIAS G., LABOREL J. - 1976 - Datations des niveaux holocènes à Madagascar, *C.R. somm. Soc. Géol. de France*, fasc. 6, pp. 284-285.
- BLOOM A.L., BROECKER W.S., CHAPPELL J.M.A., MATTHEWS R.K., MESOLELA K.J. - 1974 - Quaternary Sea Level Fluctuations on a Tectonic Coast: New 230 Th/234 U Datas from the Huon Peninsula, New Guines, *Quaternary Research*, 4, pp. 185-205.
- BOURGEAT F. - 1972 - Sols sur socle ancien à Madagascar. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du Quaternaire, *Thèse d'Etat Sciences*, Public. Orstom, Paris.
- BOURGAT F. et PETIT M. - Les «stones-lines» et les terrasses alluviales sur les Hautes Terres malgaches, *Cah. Orstom, série Pédol.*, IV-2, pp. 3-18.
- BOURGEAT F., SOURDAT M., TRICART J. - 1979 - Pédogenèse et morphogenèse d'après des exemples à Madagascar, *Mad. Rev. de Géo.* n° 35, pp. 9-53.
- DECARY R. - 1930 - L'Androy (Extrême Sud de Madagascar). Essai de monographie régionale. Tome I: Géographie physique et humaine, *Soc. Ed. Marit. et Colo.*, Paris.
- GUILCHER A., BERTHOIS L., BATTISTINI R., FOURMANOIR P. - 1958 - Les récifs coralliens des îles Radama et de la baie Ramanetaka (côte nord-ouest de Madagascar). Etude morphologique et sédimentologique, *Mém. Irsm*, série F, Tome 2, pp. 177-199.
- HERVIEU J. - 1966 - Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical, Thèse d'Etat Sciences, *Mém. Orstom*, n° 24, Paris, 408 p.
- HOEBLICH J.M. et J. - 1983 - L'organisation du relief dans les environs de Tananarive, *Mad. Rev. de Géo.* n° 43, pp. 11-39.
- JODOT P. - 1952 - Le peuplement de Madagascar par les Mollusques continentaux, *Mém. Irsm*, Tome IV, série D, fasc. 2.
- MAHE J. et SOURDAT M. - 1972 - Sur l'extinction des Vertébrés subfossiles et l'aridification du climat dans le sud-ouest de Madagascar, *Bull. Soc. Géol. de France*, Tome 7, XIV, pp. 295-309.



- PETIT M. et BOURGEAT F. - Les lavakas malgaches : un agent naturel d'évolution des versants, *Bull. Assoc. Géogr. Franç.*, n° 322-323.
- ROSSI G. - 1980 - L'Extrême Nord de Madagascar, Thèse d'Etat, *Adisud*, 435 p.
- ROSSI G. - 1984 - Crises morphogéniques et paléoclimats: l'exemple du versant ouest malgache, *Ann. de Géo.*, n° 519, pp. 537-546.
- SALOMON J.N. - 1986 - Le Sud-Ouest de Madagascar, *Thèse d'Etat*, tome IV, *multigr.*
- SHACKLETON N.J. et OPDYKE N.D. - 1973 - Isotope paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V 28-238: oxygen temperature and ice volumes on a  $10^5$  years and  $10^6$  years scale, *Quaternary Research*, 3, p. 39;
- SOURDAT M. - 1977 - Le Sud-Ouest de Madagascar, morphogenèse et pédogenèse, Thèse Sciences, *Public. Orstom*, Dijon, 212 p.
- VOGT J. - Les formations détritiques récentes de la Savazy et de la Sakoa, *Mad. Rev. de Géo.* n° 7, pp. 63-91.