

Retouches à la chronologie du Quaternaire continental de Madagascar. Conséquences sur la pédogenèse *

par FERNAND BOURGEAT ** et CLAUDE RATSIMBAZAFY ***

Sommaire. — A Madagascar, trois systèmes de formations alluviales anciennes ont été reconnus : ils forment, au-dessus des sédiments actuels la haute, la moyenne et la basse terrasse. L'observation de nombreux profils a montré que l'altération des dépôts est fonction de leur âge : celle-ci est intense sur la haute terrasse, faible sur la terrasse inférieure. L'origine des accumulations successives doit être attribuée à l'existence de périodes sèches (displuviales ou phase de rhexistase). Pendant les périodes pluviales l'alluvionnement cesse, l'altération et la pédogenèse s'intensifient sur les pentes. L'étude des terrasses alluviales permet de préciser les variations climatiques qui se sont produites au cours du Quaternaire et un tableau chronologique des principales périodes est proposé. Les datations faites par la méthode du C_{14} ont seulement permis d'apprécier l'âge des formations les plus récentes.

Summary. — In Madagascar, three systems of old alluvion formations were identified ; they are lying above the present sediments and constitute the high, the middle and the low terraces. The observation of various many profiles gave evidence that the deposit alteration is a function of their age : it is stronger on the higher terrace, weaker on the lower terrace. The origin of these successive accumulations is to be assigned to the occurrence of dry periods (displuvial periods or « rhexistasy » phases). During pluvial periods alluvial fills stop while alteration and pedogenesis intensity on the slopes. The survey of alluvial terraces, allows to define the climatic variations which took place during the Quaternary ; a chronological chart of the main periods is put forward. The C_{14} datations only allowed the estimation of the age of the most recent formations.

L'un d'entre nous a récemment proposé une chronologie des périodes climatiques quaternaires pour Madagascar. Cette chronologie, qui a été établie en tenant compte de l'existence de certains dépôts anciens (terrasses fluviales, systèmes du-naires), de l'évolution du relief de la formation des « stone-line », doit être complétée à la suite des prospections nouvelles qui ont été conduites, en particulier, sur le versant oriental de l'île.

I. — DESCRIPTION ET LOCALISATION DES TÉMOINS ALLUVIAUX ANCIENS.

A la latitude de Tananarive, trois systèmes de formations alluviales anciennes ont été reconnus : la haute, la moyenne et la basse terrasse.

1) *La haute terrasse.* Sur le versant oriental, les formations les plus anciennes sont, la plupart du temps, difficiles à caractériser en raison de l'analogie de faciès avec les séries sédimentaires crétacées remaniées.

Dans le domaine des hautes terres et le versant B.S.G.F., (7), XVII, 1975, n° 4.

occidental, des témoins bien conservés de la terrasse supérieure se localisent à l'amont de certains seuils rocheux, notamment dans des zones qui ont été épargnées par des reprises d'érosion à la suite d'une tectonique récente. Il en est ainsi dans la région de Moramanga en bordure du Mangoro. Sur les dépôts anciens il s'est développé un sol ferrallitique ancien « jaune sur rouge » fortement allitique en surface. Celui-ci présente, en dessous de l'horizon humifère, un horizon jaune déstructuré où le rapport $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ est inférieur à 0,9. A partir de 60 cm et jusqu'à 3 m, la couleur devient rouge, la structure polyédrique s'affirme vers le bas. Sur l'ensemble du profil, la teneur en argile est élevée

* Toutes les datations au C_{14} dont il fait mention dans cette communication ont été réalisées au laboratoire de faibles radioactivités de Gif-sur-Yvette par M^{me} Delibrias que les auteurs tiennent à remercier.

** E.N.S.A., 145, avenue de Muret, Toulouse.

*** O.R.S.T.O.M.-D.R.S.T., Tsimbazaza, Tananarive (République Malgache).

Note présentée à la séance du 4 novembre 1974.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° 37217

Cote B

MRS. 18.1

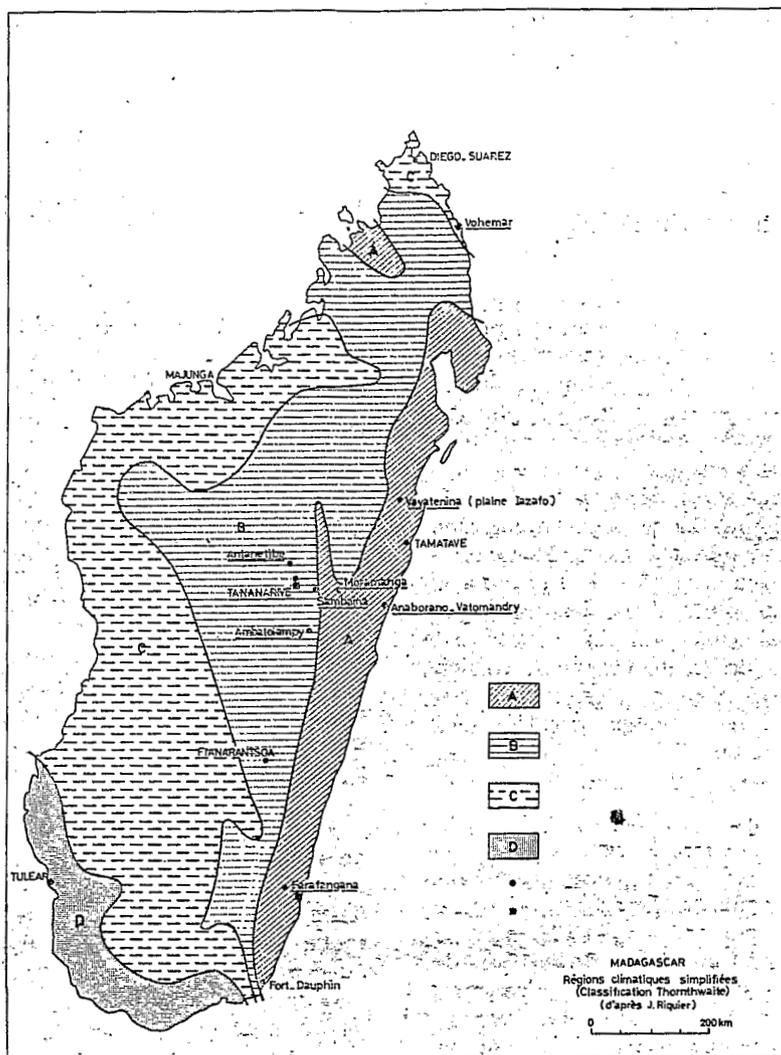


FIG. 1. — Localisation des observations et zones climatiques.

A : région est perhumide ; B : région centrale à influence occidentale humide ; C : région occidentale et nord sub-humide ; D : région sud semi-aride.

et il n'y a pas de limons formés par des minéraux primaires.

De nombreuses coupes montrent que l'épaisseur des dépôts peut atteindre 20 ou 30 m ; il y a alternance de lits argileux bariolés formés par de la kaolinite et de niveaux sableux gibbsitiques à stratification entrecroisée. La nature très irrégulière, et variée, des dépôts n'a pas permis d'établir pour ceux-ci une chronologie générale. Il est à noter qu'aucun minéral altérable n'a été reconnu depuis le sommet jusqu'à la base des coupes. L'étude des minéraux lourds semblerait indiquer une altération sélective vers le haut des minéraux peu résistants et une concentration corrélative en zircon, mais ces premiers résultats doivent être confirmés.

Lorsque des reprises d'érosion ont entraîné un démantèlement de cette haute terrasse, des témoins, plus ou moins tronqués, viennent confirmer cependant l'existence d'un remblaiement ancien et généralisé des vallées. On peut ainsi noter la présence de galets plus ou moins remaniés, ou la persistance, en bas du versant, de certaines strates (argileuses et bariolées, sableuses à stratification entrecroisée) qui ont été en partie décapées, puis recouvertes par un sol rouge d'origine colluviale. Ces témoins sont généralement assimilés à des formations d'origine lacustre ; leur fréquence et leur faciès permettent d'exclure cette hypothèse. Dans les environs même de Tanarive, les témoins de cette haute terrasse alluviale ont été repérés aux points suivants :

— sortie de l'aérodrome d'Ivato-Tananarive ;
 — aux P. K. 23 et 36,5 de la route Tananarive-Majunga, entre Mahitsy et Tsarahonenana ;
 — dans la région d'Ambatolampy, de Mangamila et de Manjakandriana en bordure de la vallée de l'Ihadiana.

F. Soubiès a par ailleurs signalé de nombreux témoins d'alluvions anciennes dans la zone d'Ambalavao et J. Hervieu en a repéré, plus au Sud, dans la basse vallée de Mangoky.

2) *La moyenne terrasse.* Sur le versant oriental des dépôts alluviaux anciens, relativement évolués, s'observent en-dessous des témoins de la haute terrasse. Les sédiments, généralement sableux ou argilo-sableux, dominant de quelques mètres, parfois de 10 à 15 m, les talwegs recreusés et les alluvions plus récentes. L'épaisseur des dépôts n'excède généralement pas 5 à 10 m. La présence d'horizons tourbeux fossiles, correspondant à un arrêt momentané de la sédimentation, a été notée, au sein ou à la base de cette série. En profondeur, les minéraux primaires facilement altérables (micas) deviennent abondants. En bordure de la Mananonoka (région de Vavatenina) et de la Rianila (région de Vatmandry, Anaborano), ces anciens dépôts sont recouverts par des sols ferrallitiques « jaune sur rouge » rajeunis. Ceux-ci ont, comme les sols ferrallitiques anciens, des rapports $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ très

faibles en surface ; ils s'en distinguent néanmoins par le fait qu'ils sont moins profonds et qu'ils présentent à profondeur moyenne (généralement à partir de 150 à 200 cm) une forte proportion de limons constitués par des minéraux primaires plus ou moins altérés mais qui restent identifiables.

Si des témoins de la moyenne terrasse sont observés très fréquemment en bordure des vallées orientales, ils ont été reconnus sur les hautes terres en particulier dans la région de Mangamila, de Mantasoa, dans la haute vallée de l'Ihadiana, région de Sambaina Manjakandriana et vers Ambatolampy, en bordure de l'Onive. Les sols formés sur ces dépôts conservent fréquemment des traces d'hydromorphie ancienne : ce sont alors des podzols de nappe ou des sols à gley lessivé.

3) *La basse terrasse.* Dans les basses vallées de l'Est des dépôts anciens argileux dominant de 3 à 5 m, au maximum, les alluvions actuelles qui forment un bourrelet de faible étendue en contrebas (fig. 3). Ce système de terrasse est plus ou moins recreusé par les talwegs en fonction des niveaux de base locaux qui sont liés à l'existence de seuils rocheux barrant le cours des rivières. Les dépôts sont à dominance argileuse, mais on y observe fréquemment des strates sableuses notamment à la base de la série. A tous les niveaux la teneur

en limons est loin d'être négligeable. Vers 3 ou 5 m de profondeur, la présence d'un niveau tourbeux fossilisé paraît marquer le début de cette formation. Les sols observés sur ces dépôts sont beaucoup moins évolués que ceux observés sur les terrasses précédemment décrites : il s'agit de sols ferrallitiques pénévulés (ou fortement rajeunis). Riches en argile héritée, ceux-ci sont bien structurés. Tout comme les sols ferrallitiques anciens et les sols rajeunis, ils sont « jaune sur rouge » mais leur rapport $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ ne descend pas en dessous de 1,2

et ils contiennent beaucoup moins de gibbsite. Leur caractéristique essentielle réside dans le fait qu'ils renferment à faible profondeur (à moins de 60 cm) une proportion non négligeable de limons constitués par des minéraux primaires altérables. Ces sols avaient d'ailleurs jusqu'ici été assimilés à des sols peu évolués, bien que leur pédogenèse soit relativement marquée. Lorsque le drainage est déficient (cas des anciennes cuvettes de sédimentation situées en bordure des rivières peu encaissées) les sols présentent des caractères d'hydromorphie généralement irréversibles et il y a apparition d'un gley plus ou moins organique. La dégradation des minéraux primaires y est alors plus poussée ; néanmoins des squelettes, plus ou moins altérés, subsistent en profondeur.

Par ailleurs et toujours sur le versant oriental, on observe à la limite de certains reliefs de dissection et de reliefs dérivés d'une surface d'érosion, des cônes anciens d'alluvionnement torrentiel. L'existence de ces dépôts, situés à quelques mètres au-dessus des sédiments actuels très micacés, est très fréquente. C'est ainsi que dans la région de Vavatenina on a pu les répertorier en de nombreux sites (Marovanona, Mahanoro, Ambohimanga, Ambalakondro, etc.). Le recouvrement alluvial ancien, qui correspond à la basse terrasse, est plus ou moins épais et il a donné naissance soit à un sol ferrallitique pénévulé d'apport, soit à un sol hydromorphe.

Sur les hautes terres, par suite d'un recreusement moins marqué des axes hydrographiques et d'un alluvionnement actuel particulièrement intense, les dépôts de basse terrasse sont en voie de fossilisation. Dans la plupart des plaines alluviales, on retrouve en dessous des dépôts actuels non évolués et très micacés, un sol à gley humifère enterré. Localement, ce sol peut apparaître en surface.

Quand les conditions de drainage satisfaisantes empêchent l'apparition des processus d'hydromorphie, il est difficile de faire, ici, une distinction très nette entre les dépôts actuels et ceux que l'on pourrait attribuer à la moyenne terrasse. Cette absence de différenciation paraît liée à l'existence d'un climat moins agressif et à une altération plus modérée que dans les régions orientales.

II. — L'ORIGINE DES DÉPÔTS.

Les terrasses ayant pour nous une signification paléoclimatique, il nous paraît intéressant de préciser leur mode de mise en place avant de justifier les hypothèses que nous avons formulées et d'aborder le problème que pose la basse terrasse.

1) *La signification paléoclimatique des terrasses.* L'existence généralisée des témoins alluviaux anciens permet d'exclure l'influence systématique de la tectonique pour justifier leur formation. Leur mise en place résulte, selon une hypothèse déjà avancée par J. Hervieu [1964], d'une modification du climat qui va dans le sens d'un assèchement. L'origine des dépôts fluviatiles doit être attribuée à l'existence des périodes sèches (displuviaux ou phase de rhexistase) qui, en réduisant le couvert végétal, accentuent les processus de ruissellement et de transport sur les versants et modifient le rapport charge sur débit des rivières. Au contraire, pendant les périodes pluviales (phase de biostase selon H. Erhart) l'alluvionnement cesse et l'on assiste à un encaissement linéaire des rivières, l'altération et la pédogenèse s'intensifient sur les versants.

L'influence faible des variations climatiques quaternaires sur la différenciation des sols a été soulignée par différents auteurs, il paraît cependant indéniable qu'il y a eu, dans la plupart des pays, des périodes de crise durant lesquelles s'est produit un décapage plus ou moins complet des formations pédologiques tapissant les versants et un remblaiement généralisé des vallées. On peut à juste titre regretter que la plupart des travaux récents s'intéressent surtout aux dépôts anciens sans que soient abordés les problèmes de pédogenèse et morphogenèse qui se sont manifestés parallèlement sur les versants. Cette voie ouvre cependant des perspectives intéressantes lorsqu'on veut préciser la genèse et la répartition des sols.

Pour expliquer la formation des terrasses et le décapage des sols, il n'est pas nécessaire d'entrevoir des variations climatiques catastrophiques. Une simple intensification (en durée et en intensité) de la saison sèche suffit à entraîner une diminution du couvert végétal, une érosion accrue sur les versants et un comblement des vallées. L'étude des sols paraît confirmer que le climat de Madagascar est resté de type tropical mais celui-ci était plus ou moins contrasté. Durant certaines périodes la pluviométrie et sa répartition ont atteint des seuils qui ont entraîné le déclenchement des processus d'érosion.

2. *Correspondance : pluviaux — phase de creusement displuviaux — phase d'érosion.* La correspondance entre les displuviaux et les périodes d'alluvionnement se trouve confirmée par l'étude

des processus actuels d'érosion et de sédimentation dans les différentes régions de l'île. Sur les hautes terres et le versant occidental de l'île, on assiste à un comblement généralisé des vallées ; l'abondance des minéraux primaires, en particulier des micas et feldspaths, dans les épaisses nappes alluvionnaires actuelles y confirment le décapage important des sols et des zones d'altération. Ces dernières sont, dans les régions soumises à une longue saison sèche, entaillées par de vastes cirques d'érosion qui ont été désignés sous le nom malgache de « lavaka ». L'extension des sols peu évolués et fortement micacés (« baiboho ») dans les grandes vallées de l'Ouest est d'ailleurs liée à l'existence de ces formes spectaculaires de l'érosion et il est intéressant de noter que les sols alluviaux malgaches n'ont pas leurs homologues dans les régions africaines soumises à un climat comparable. Au contraire sur le versant oriental, perhumide et couvert d'une végétation dense forestière, on peut dire, qu'à l'exception des loupes de glissement qui sont vite recolonisées par des formations arbustives, les formes d'érosion sont absentes. La charge solide des rivières est faible et, dans les vallées, les dépôts actuels ne forment qu'une bande très étroite (quelques dizaines de mètres) en bordure des axes hydrographiques.

L'influence qu'exercent les « lavaka » sur l'intensité de l'alluvionnement est d'ailleurs significativement révélée lorsqu'on compare les pertes en matériaux dans les bassins versants des hautes vallées de la Betsiboka et de l'Ikopa. Malgré l'analogie géologique et pédologique de ces deux unités, les transports solides sont deux à trois fois plus élevés pour la Betsiboka qui draine une région plus sèche littéralement criblée de « lavaka ». En se basant sur les modules annuels et sur la turbidité des eaux, P. Roche et M. Aldegheri ont calculé que les pertes en terre atteignent respectivement 1 600 à 3 600 tonnes/km²/an sur les bassins de l'Ikopa et de la Betsiboka. Des mesures de carbone 14 sur des horizons organiques enfouis prouvent également que la vitesse d'accumulation des dépôts est beaucoup plus rapide dans la plaine d'Antanetibe parcourue par un affluent de la Betsiboka, que dans la plaine de Tananarive où l'Ikopa reçoit ses principaux affluents. Les horizons organiques situés vers un mètre de profondeur ont donné un âge de 5 à 700 ans dans la plaine de Tananarive alors qu'ils peuvent être contemporains dans la plaine d'Antanetibe (échantillon Gif n° 2916).

Le parallélisme qui peut être établi entre l'érosion en « lavaka », observée dans des zones à longue saison sèche et l'intensité de l'alluvionnement est d'autant plus intéressant à considérer qu'il a été montré que l'accumulation des dépôts anciens et la formation de « lavaka » étaient des phénomènes

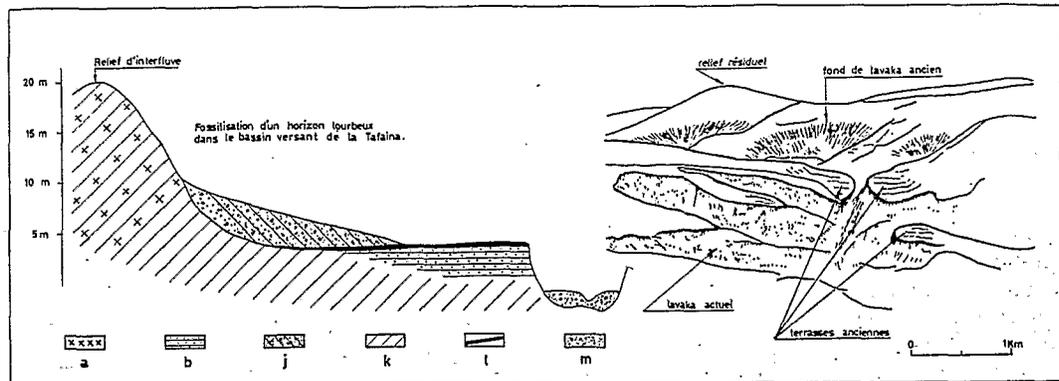


FIG. 2. — Relation « lavaka-terrasses ».

a) socle relief dominant ; b) basse terrasse ; l) horizon organique \pm fossilisé ; j) colluvions ; m) dépôts actuels.

simultanés [M. Petit et F. Bourgeat, 1965]. Certains cirques aux formes très émoussées et actuellement inactifs, présentent des cônes de déjections avec des horizons organiques fossiles. Des datations au carbone 14 ont montré qu'il existait des générations de « lavaka » contemporaines des dernières phases d'alluvionnement (fig. 2). Nous sommes donc conduit à admettre qu'une modification du climat dans le sens d'un assèchement a déclenché, au cours de certaines périodes, ces phénomènes d'érosion et d'accumulation. Le fait que l'on n'a pas trouvé de formes évoquant des « lavaka » avec des dépôts corrélatifs assimilables à la terrasse supérieure ne signifie pas que ce type d'érosion était absent pendant la période de sédimentation la plus ancienne. On peut en effet supposer que l'évolution du relief a oblitéré les cirques les plus anciens au point où ceux-ci ne sont plus identifiables.

Actuellement, à Madagascar, la plupart des pédologues, géographes et géologues, attribuent les dépôts d'alluvions anciennes à des périodes relativement sèches et érosives. Les mesures effectuées sur la turbidité des rivières et les pertes en

terre dans les parcelles d'érosion, ou dans les bassins versants expérimentaux, par les hydrologues de l'O.R.S.T.O.M. et par les forestiers du C.T.F.T., ont confirmé l'influence qu'exercent un climat relativement sec sur l'usure des sols. Sur les hautes terres, les pertes en terre sont en moyenne de 16 à 20 tonnes/km²/an lorsque le couvert végétal reste dense ; elles peuvent atteindre 1 000 à 2 000 tonnes/km²/an sous végétation très dégradée. Dans les régions orientales, sous forêt primaire ou dégradée, le ruissellement est faible, les pertes en terre négligeables, voire nulles.

Un dernier argument peut être évoqué, pour étayer l'hypothèse selon laquelle les périodes pluviales sont des phases de creusement et les périodes dites « displuviales » des phases de sédimentation c'est la correspondance qui semble exister entre certaines formations dunaires observées sur la côte est (région de Farafangana, de Vohémar) et les dépôts fluviaux anciens. De nouvelles études dans ces régions sont encore nécessaires afin d'apporter une conclusion définitive.

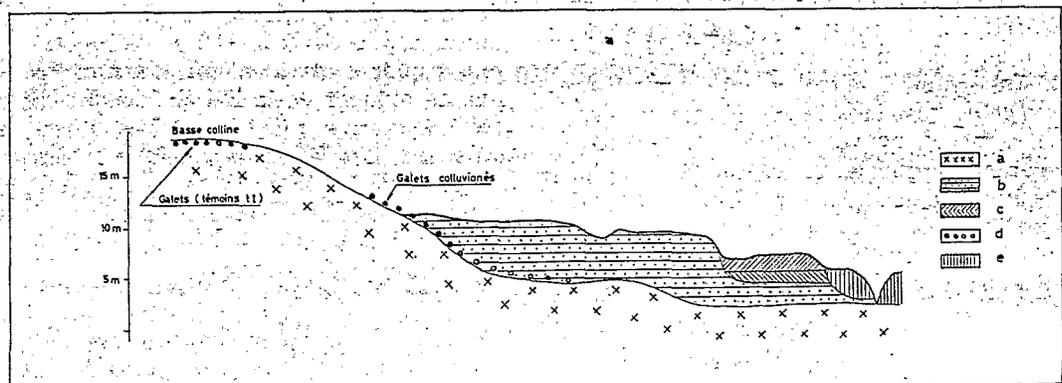


FIG. 3. — Relation entre les différentes terrasses dans les régions orientales.

a) socle ; b) moyenne terrasse ; c) basse terrasse ; d) galets remaniés (haute terrasse) ; e) dépôts actuels.

3) *Le problème de la basse terrasse.* L'origine de la terrasse inférieure, fréquente dans les basses vallées alluviales de l'Est, avait été initialement attribuée à une variation du niveau marin [F. Bourgeat, 1970]. Le fait que cette terrasse ait été retrouvée, en amont des seuils rocheux, dans les moyennes vallées (à Vavatenina, en bordure de la Sahavaviana, par exemple) permet de lui attribuer également une signification paléoclimatique.

III. — L'AGE DES DÉPÔTS.

Aucune datation ne permet de donner un âge précis pour la mise en place de la haute terrasse. Il s'agit, vraisemblablement, d'une formation quaternaire ancienne car les témoins bien conservés se trouvent en dessous de la surface d'érosion présumée fini-tertiaire et l'altération des dépôts est très profonde. J. P. Karche et R. Battistini estiment que ce remblaiement pourrait dater de 500 000 à 700 000 ans.

L'âge de certains horizons tourbeux prélevés à la base de la moyenne terrasse a été déterminé par la méthode du carbone 14 ; il dépasse 35 000 ans (Gif 1338). Si l'on admet une correspondance (non prouvée à Madagascar) entre les régressions et les périodes érosives, la formation de la moyenne terrasse pourrait se situer après le maximum Karimbolien défini par R. Battistini [1964], c'est-à-dire très approximativement entre 70 000 ans et 40 000 ans B. P. Mais il n'est pas exclu que cette phase displuviale soit plus ancienne.

Dans certaines plaines alluviales, la moyenne terrasse est recouverte par des dépôts de basse terrasse eux-mêmes fossilisés par les alluvions actuelles. Ainsi dans la plaine de Tananarive, en bordure de la Mamba, il a été prélevé un horizon tourbeux situé entre 8 m et 8,50 m de profondeur. Celui-ci correspond à l'horizon humifère d'un sol à gley vraisemblablement développé sur la moyenne terrasse et enterré après une reprise de l'alluvionnement. Son âge a été estimé à 24 000 \pm 100 ans (Gif 1479). Dans le bassin versant de la Tafaina, au Sud de la capitale, un horizon tourbeux s'est formé sur un cône de déjection d'un « lavaka » ancien avant d'être enfoui sous un colluvionnement de sol rouge daté de 11 580 \pm 400 ans (Gif 320).

Dans la plaine de Iazafo deux horizons organiques, prélevés à la base au sein ou au sommet de la basse terrasse, ont fourni l'âge de 17 720 \pm 420 ans et 8 110 \pm 170 ans (Gif 2959 et Gif 2958). L'ensemble des résultats paraît confirmer que la reprise d'érosion et la mise en place concomitante de la basse terrasse se situent entre 25 000 ans BP et 8 000 ans BP. L'existence d'horizons tourbeux au sein des dépôts pourrait marquer un arrêt momentané de la sédimentation correspondant à des pluviaux plus ou

moins marqués. De nouvelles datations devraient confirmer la réalité de ces épisodes.

Actuellement, on assiste à une reprise généralisée de l'érosion et des dépôts récents viennent recouvrir les sols qui se sont naguère formés sur la basse terrasse. Cette reprise d'érosion est très récente. Dans la région d'Ambalavao, l'horizon organique d'un ancien sol à gley situé sous les sédiments actuels a été prélevé par F. Soubiès ; le début du recouvrement daterait de 660 \pm 90 ans (Gif n° 1335). En bordure de la plaine de Tananarive, les alluvions actuelles sont dominées par un sol à gley lessivé dont l'horizon organique a été recouvert par un sol rouge d'origine colluviale il y a 780 \pm 90 ans (Gif 1336). D'autres prélèvements, effectués dans la région d'Antanetibe, semblent indiquer une fossilisation plus récente (360 \pm 80 ans, Gif n° 2915, contemporain Gif 2916). L'érosion accélérée que l'on observe de nos jours sur les hautes terres semble avoir débutée il n'y a guère que 700 à 800 ans. Elle peut être attribuée à une modification récente du climat qui irait dans le sens d'un assèchement ; mais cette tendance, si elle existe, s'est trouvée accentuée par l'arrivée de l'homme à Madagascar.

Le prélèvement de l'horizon d'accumulation humique d'un podzol développé sur des colluvions sableuses, contemporaines de la basse terrasse de l'Iazafo, n'a pas permis de préciser avec exactitude le début de la période pluviale qui a succédé à la mise en place de la basse terrasse. Par suite de l'évolution actuelle et sub-actuelle de ce sol, il y a en effet recharge de l'horizon organique. Cependant l'âge déterminé (2 270 \pm 90 ans Gif 2391) est parfaitement compatible avec les données qui sont rassemblées dans le tableau chronologique que nous donnons en annexe.

CONCLUSIONS.

L'étude des terrasses alluviales permet de préciser les variations climatiques au cours du Quaternaire. Les témoins de la haute terrasse sont développés dans la région de Moramanga et le displuvial ancien a été désigné sous le nom de *displuvial moramangien*.

La sédimentation des dépôts de moyenne terrasse correspond à un épisode plus récent qui est également caractérisé par un climat tropical très contrasté, voire semi-aride. A celui-ci on a donné le nom de *displuvial sambainien*, car ces dépôts sont caractéristiques dans la région de Sambaina sur la haute vallée de l'Ihadiana. Contrairement à ce qui avait été jusque-là avancé, il faut retenir l'existence d'un displuvial plus récent qui a entraîné la formation de terrasses bien individualisées dans les régions orientales. Celles-ci ayant été étudiées

dans la région de Vavatenina, nous proposons de désigner cet épisode sous le nom de *displuvial vavatenien*. Il est intéressant de constater que M. Sourdat et C. Gense en étudiant les dunes de la région de Tuléar ont pressenti l'existence, en plus des formations actuelles, de trois types de dépôts.

La succession des périodes érosives et des périodes de pédogenèse permet d'apporter une explication satisfaisante à la genèse et à la répartition de certains types de sols : sols ferrallitiques, sols hydromorphes par exemple. En ce qui concerne les sols ferrallitiques, il faut admettre que ceux-ci ont été plus ou moins décapés au cours des displuviaux suivant leur position topographique. Sur les reliefs accidentés (reliefs résiduels et reliefs de dissection ou dérivés d'anciennes surfaces), les sols ferrallitiques pénévulés auraient été formés après un décapage plus ou moins complet des matériaux d'altération au displuvial vavatenien. Les sols ferrallitiques rajeunis, observés sur les reliefs de rajeunissement, correspondraient à des formations pédologiques plus anciennes qui se seraient cons-

tituées après une troncature sambainienne. Enfin, les sols ferrallitiques anciens, observés sur des surfaces conservées n'auraient pas subi de rajeunissement au cours des displuviaux les plus récents.

La chronologie nouvelle des épisodes quaternaires qui est présentée ici permet donc de modifier l'interprétation qui avait été donnée pour la genèse des sols ferrallitiques [F. Bourgeat, 1970]. La datation relative des terrasses paraît suffisante pour l'étude de certains phénomènes de pédogenèse. Une datation plus précise des dépôts permettrait, cependant, de se faire une idée beaucoup plus exacte sur la vitesse des phénomènes d'altération dans les régions intertropicales.

Si l'on envisage la succession des épisodes climatiques quaternaires les hypothèses formulées à Madagascar paraissent assez semblables à celles qui ont été avancées pour d'autres régions africaines notamment en Mauritanie [P. Michel, 1969] et au Cameroun par J. Hervieu [1970]. Il semble de plus se confirmer que les variations climatiques ont intéressé l'ensemble des régions intertropicales.

Division chronologique	Tranrgressions [d'après R. Battistini]	Période climatique	Principales manifestations
Période actuelle 500 à 1 000 ans		Assèchement plus ou moins marqué du climat	Reprise de l'érosion sur les hautes terres et versant occidental "lavaka" plaines alluviales Pédogenèse active sur versant oriental.
Aepyornien [R. Battistini] 8 000 ans à 20 000 à 25 000 ans	Flandrien	Pluvial post-vavatenien	"stone-line" recouvrement de sols remaniés pénévulés Pédogenèse, formation des sols ferrallitiques pénévulés.
40 000 ans (?)	Karimbolien II	Pluvial post-sambainien	Encaissement profond du système hydrographique Recouvrement des "stone-line" Individualisation des sols ferrallitiques rajeunis.
70 000 ans (?)		Displuvial sambainien	Mise en place terrasse moyenne dune K I [M. Sourdat] Cuirassement, formation des pseudosables...
120 000 ans (?)	Karimbolien I	Pluvial ambovombien [R. Battistini]	Pédogenèse active, individualisation gibbsite (résidus d'altération) Formation sols ferrallitiques anciens.
		Displuvial moramangien	Dépôt haute terrasse, formation glaciais, cuirassement pseudosables. Dunes anciennes [R. Battistini]
	Tatsimien	Pluvial pré-moramangien	Pédogenèse et altération intense.
Néogène			

TABLE I. — Épisodes climatiques quaternaires.

Bibliographie sommaire

- AUBERT G., BOURGEAT F. et DELIBRIAS C. (1970). — Les phénomènes anciens de rajeunissement des sols ferrallitiques à la latitude de Tananarive. *C. R. Sem. Geol. Madag.*, p. 17-23.
- BATTISTINI R. (1964). — L'extrême sud de Madagascar. Thèse, Editions Cujas, 636 p.
- BOURGEAT F. (1972). — Sols sur socle ancien à Madagascar. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire. *Mém., O.R.S.T.O.M.*, 57, 335 p. (Thèse Strasbourg, 1970.)
- HERVIEU J. (1964). — Sur les témoins de remblaiement ancien dans la moyenne vallée de Mangoky. *Mad. rév. géogr.*, 4 janv.-juin, p. 37-70.
- HERVIEU J. (1970). — Le quaternaire du Nord Cameroun. *Cah. O.R.S.T.O.M., Pédol.*, VIII, 3, p. 295-317.
- MICHEL P. (1969). — Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, étude géomorphologique. Thèse lettres Strasbourg, 3 t., 1167 p., multigr.
- PETIT M. et BOURGEAT F. (1965). — Les « lavaka » malgaches : un agent naturel d'évolution des versants. *Bull. Assoc. Geogr. fr.*, 332, p. 29-33.
- ROCHE P. et ALDEGHERI M. (1964). — Monographie hydrologique de l'Ikopa et de la Betsiboka-te, Doc. O.R.S.T.O.M., multigr., 90 p.
- SOUCHIER B. (1964). — Mesures du ruissellement et de l'érosion. Résultats de 3 campagnes d'observation. Doc. multigr., C.T.F.T., 61 p.