

GÉOGRAPHIE DES SOLS MALGACHES.

Essai synthétique

par

J. HERVIEU*

PLAN

Introduction

1 - Degré de régionalité des facteurs de la pédogénèse à Madagascar

- 1.1 - Le climat
- 1.2 - La végétation
- 1.3 - Roches-mères et matériaux originels
- 1.4 - Modelé et topographie
- 1.5 - Le temps et les actions humaines

2 - Classification des sols

- 2.1 - Classification des sols utilisée par la Section de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M.
- 2.2 - Rappel de quelques définitions

3 - La région perhumide

- 3.1 - Sols minéraux bruts et peu évolués
- 3.2 - Sols à mull
- 3.3 - Podzols et sols podzoliques
- 3.4 - Sols à sesquioxydes
- 3.5 - Sols hydromorphes

4 - Région humide et régions d'altitude

- 4.1 - Sols minéraux bruts et peu évolués
- 4.2 - Sols à mull
- 4.3 - Podzols
- 4.4 - Sols à sesquioxydes
- 4.5 - Sols hydromorphes

* Maître de recherches O.R.S.T.O.M.

- 5 - Région subhumide à semi-aride
 - 5.1 - Sols minéraux bruts et peu évolués
 - 5.2 - Sols calco-magnésimorphes
 - 5.3 - Vertisols et paravertisols
 - 5.4 - Sols à mull
 - 5.5 - Podzols et sols podzoliques
 - 5.6 - Sols à sesquioxydes
 - 5.7 - Sols halomorphes
 - 5.8 - Sols hydromorphes

6 - Région sèche

- 6.1 - Sols minéraux bruts et peu évolués
- 6.2 - Sols calco-magnésimorphes
- 6.3 - Vertisols et paravertisols
- 6.4 - Sols iso-humiques
- 6.5 - Sols à sesquioxydes
- 6.6 - Sols hydromorphes et halomorphes

Conclusion

Bibliographie

- 1 - Références d'ordre général ou synthétique
- 2 - Région perhumide
- 3 - Région humide et régions d'altitude
- 4 - Région subhumide à semi-aride
- 5 - Région sèche.

INTRODUCTION

1 - La pédologie à Madagascar

L'étude des sols malgaches a pris un grand développement à partir de 1946 et se poursuit activement.

Une bibliographie des travaux pédo-agronomiques antérieurs à cette date a été établie par R. PERNET (1951).

Parmi les précurseurs, il faut citer les géologues A. LACROIX et H. BESAIRIE, et H. ERHART qui fut le premier à appliquer les méthodes originales de la pédologie à l'étude des sols malgaches (1926).

Depuis 1946, un très grand nombre de prospections pédologiques ont été faites dans presque toutes les régions de l'île, tant par les chercheurs de l'O.R.S.T.O.M. que par ceux de la Recherche Agronomique de Madagascar. Bien que nous ne puissions les nommer tous, nous mentionnerons plus particulièrement nos camarades : J. RIQUIER, P. SEGALIN, P. ROCHE, G. CLAISSE, C. MOUREAUX, G. TERCINIER, R. DIDIER DE ST-AMAND, J. VIEILLEFON, F. BOURGEAT, J. KILIAN. Des spécialistes français ou étrangers ont effectué de nombreuses missions. Après les levés régionaux de reconnaissance encore incomplets, la nécessité d'études de synthèse se fait de plus en plus sentir. Les résultats obtenus ont permis de dresser un inventaire provisoire des profils-types (J. HERVIEU, 1961).

L'ensemble des documents cartographiques et des publications permet à Madagascar de figurer en bonne place dans la carte des sols d'Afrique au 1/5 000 000 établie par J. L. D'HOORE (1964). Une carte des sols de l'île au 1/1 000 000, établie par J. RIQUIER, est en cours de publication.

Dès 1957, P. SEGALEN fait le point sur les sols dérivés des roches volcaniques basiques. Dans son étude géomorphologique de l'extrême sud, R. BATTISTINI (1964) a donné une place importante aux altérations actuelles et anciennes et aux phénomènes de pédogenèse.

La sédimentation récente et les sols alluviaux ont été étudiés dans le cadre morphoclimatique et pédogénétique du versant occidental de l'île (J. HERVIEU, 1966).

Une étude générale sur la dynamique des sols hydromorphes est actuellement en voie d'achèvement (R. DIDIER DE ST-AMAND).

2 - Le concept de zonalité

A la suite de travaux de l'école russe du début du siècle (DOKUCHAYEV, SIBIRTSEV), la géographie des sols s'est longtemps appuyée exclusivement sur le principe de zonalité.

Par définition, un processus zonal (ou un ensemble de processus zonaux) est lié à la latitude et reflète les conditions climatiques dans lesquelles il se développe. D'où l'idée utilisée dans les anciennes classifications pédologiques de classer les sols en zonaux, intra-zonaux et azonaux. Cette terminologie est généralement abandonnée.

En effet, avec le développement de la pédologie au cours de ces trois dernières décennies et l'accroissement des connaissances sur les sols de toutes les régions du globe, il s'est avéré que le concept de zonalité ne peut rendre compte entièrement de la répartition géographique des sols.

Certes, les classifications pédologiques modernes, en particulier les classifications génétiques, utilisant les caractères intrinsèques du profil, tiennent compte des facteurs climatiques dans le mode de formation et l'évolution des sols.

Dans ces classifications, un certain nombre de catégories d'un niveau élevé dépendent étroitement du climat et de la végétation climacique. Cependant, même dans le cas d'un sol "analogue" (P. DUCHAUFOUR, 1965), c'est-à-dire en équilibre avec le climat et le couvert végétal, la notion de zonalité doit être envisagée comme un ensemble de facteurs complexes dont les variations ne sont pas seulement liées à la latitude.

Tout comme les classifications elles-mêmes, le concept de zonalité tend à prendre un caractère synthétique et perd son sens restrictif (latitude) pour devenir synonyme d'évolution. Un ouvrage récent sur la géographie des sols du globe (B. T. BUNTING, 1965) qualifie d'azonal un sol dont la genèse ou la situation topographique empêche le développement. Un sol intra-zonal reflète l'influence dominante dans l'évolution d'un facteur surpassant les effets du climat et de la végétation. Enfin, des sols zonaux se présentent sur de larges surfaces ou zones limitées par des caractères géographiques, ont un profil bien développé et évoluent depuis un temps assez long.

Afin d'éviter toute ambiguïté d'interprétation, il est donc préférable d'utiliser, en géographie des sols, le terme "région" plutôt que celui de "zone".

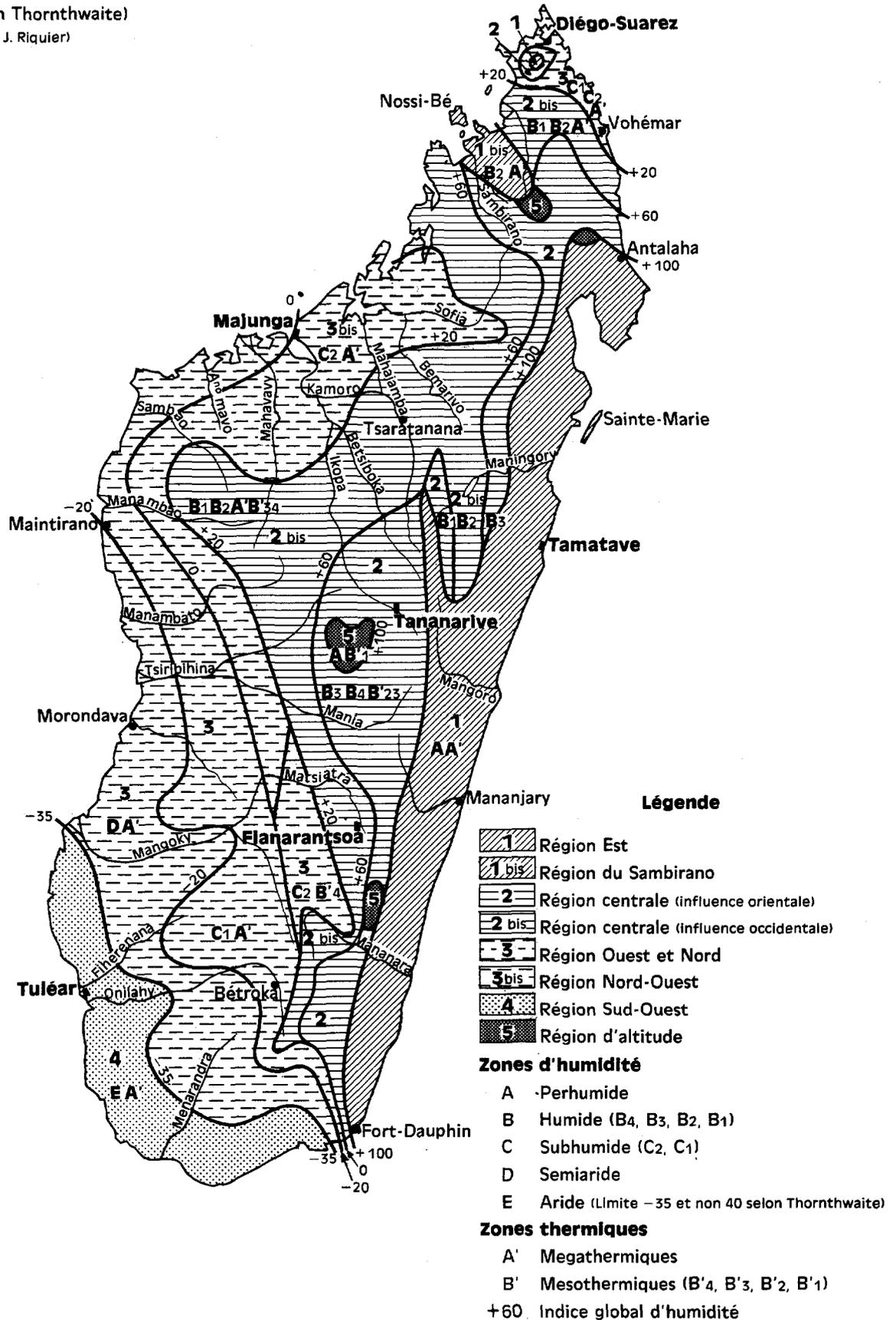
Les régions sont des unités naturelles qui montrent l'influence des différents facteurs de la pédogenèse. Elles sont constituées par un certain nombre de grands groupes de sols dont la formation et l'évolution ne dépendent pas uniquement du climat bien que celui-ci, par l'accélération ou la limitation des phénomènes, soit un facteur essentiel, à degré de régionalité généralement élevé. C'est pourquoi les critères de différenciation de ces régions sont souvent, en premier lieu, d'ordre climatique.

Dans l'essai synthétique que nous proposons, nous nous sommes efforcé de dégager les différences dans la répartition des grands groupes de sols selon les régions pédologiques, mais sans donner aux facteurs de formation des sols la prépondérance sur les caractères intrinsèques des profils et les processus d'évolution.

En effet, dans la classification utilisée par les pédologues français, les groupes de sols sont définis par des caractères morphologiques du profil correspondant à des processus d'évolution (G. AUBERT, 1963).

Régions climatiques
(Classification Thornthwaite)
(d'après J. Riquier)

Figure 1



La grande majorité des classifications de sols récentes donne la priorité au caractère des sols traduisant les processus évolutifs, plutôt qu'aux circonstances ou aux causes extérieures de l'évolution (P.DUCHAUFOR, 1965). Ainsi, comme les autres sciences géographiques modernes, la géographie des sols, à l'échelle du globe ou à l'échelon régional, ne peut plus se limiter à un simple inventaire de répartition, mais doit également donner une explication scientifique qui se trouve incluse dans la classification génétique.

Avant d'aborder la répartition des sols malgaches, nous préciserons les limites et les modalités d'action des facteurs de la pédogenèse.

1 - DEGRÉ DE RÉGIONALITÉ DES FACTEURS DE LA PÉDOGÉNÈSE A MADAGASCAR

Par degré de "régionalité" d'un phénomène ou de plusieurs phénomènes concourant à la formation d'un type génétique de sol, il faut entendre l'ordre de grandeur auquel ce ou ces phénomènes interviennent et les dimensions des unités géographiques qui constituent dans la nature le cadre de leur action.

Pour préciser cette notion, nous adopterons la série dimensionnelle suivante, utilisable pour la cartographie des sols malgaches.

Ordre de grandeur	Dimensions minimales des unités géographiques	Echelle moyenne correspondante
1er ordre	quelques dizaines de milliers de kilomètres ²	1/25 000 000
2ème ordre	quelques centaines de km ²	1/5 000 000
3ème ordre	quelques dizaines de km ²	1/1 000 000
4ème ordre	quelques km ²	1/200 000
5ème ordre	quelques centaines d'hectares	1/50 000

1.1 - Le climat

Un des traits originaux de Madagascar est la zonalité climatique sub-méridienne due au relief de l'île et à sa position dans le champ des alizés.

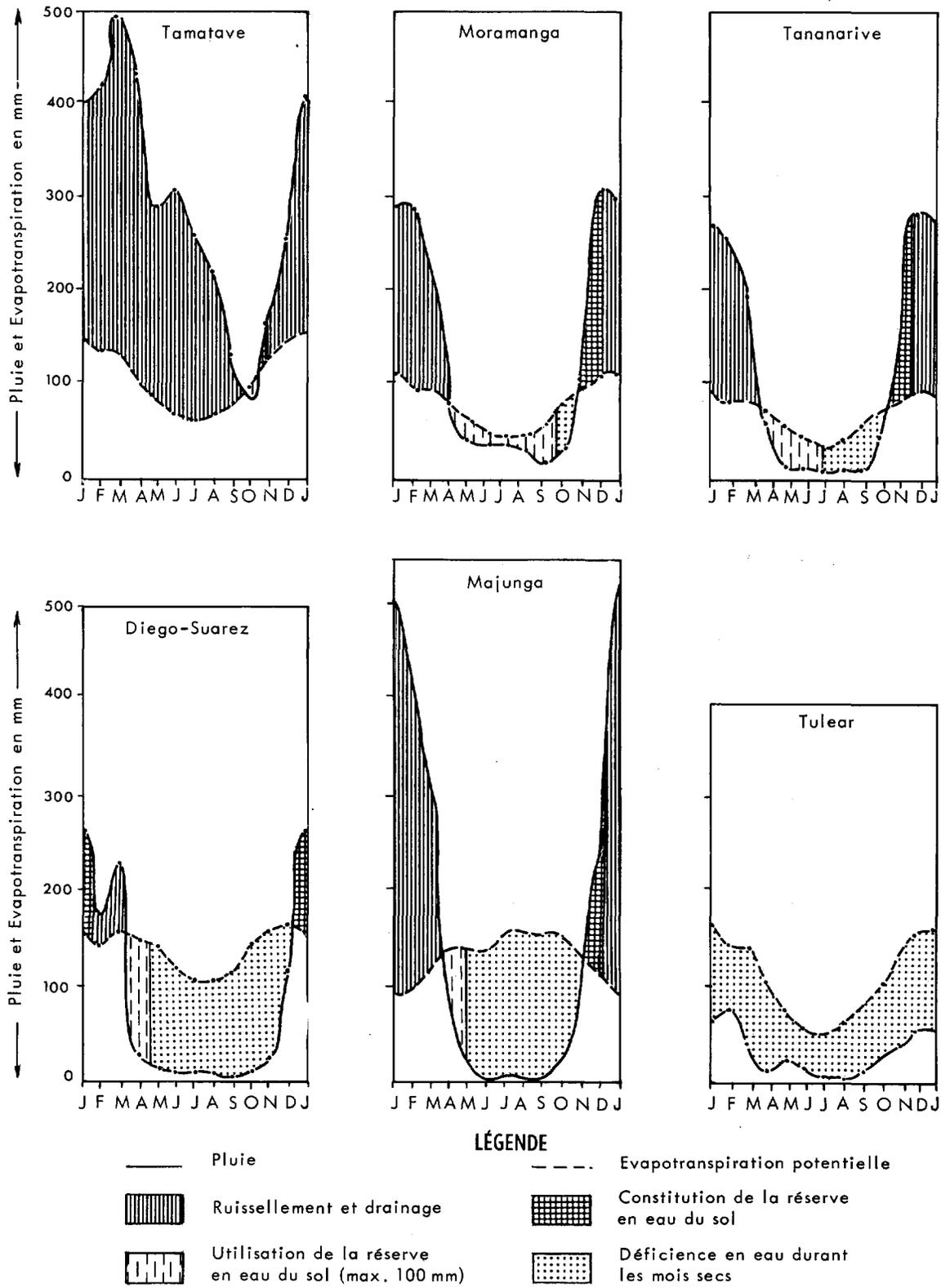
En outre, le climat malgache est affecté de perturbations cycloniques nées sur le front intertropical.

En ce qui concerne les températures, les moyennes annuelles sont toujours élevées (20 à 28°C) sauf en altitude : 16° à plus de 1 500 m, moins de 10° au-dessus de 2 500 m.

Les hauteurs de pluies moyennes et leur répartition interviennent davantage dans la géographie des sols malgaches.

Les classifications climatiques à caractère écologique, du type THORNTHWAITE, qui font appel à la notion d'évapotranspiration et par suite renseignent sur le bilan hydrique des sols, sont les plus intéressantes en pédogenèse, malgré le caractère encore empirique de certaines hypothèses de calcul (J.RIQUIER, 1958-59 a).

L'examen des graphiques pluie-évapotranspiration et l'utilisation d'indices climatiques se rattachant à la notion d'évapotranspiration, permettent de distinguer quatre grandes régions climatiques.



Courbes pluie-évapotranspiration

Figure 2

1.1.1 - RÉGION PERHUMIDE

12 mois humides (excès d'eau, sol saturé).

Pluviométrie moyenne annuelle : 1 500 à plus de 3 000 mm.

Evapotranspiration potentielle : 900 à 1 300 mm.

Indice global d'humidité (type THORNTHWAITE) : supérieur à 100.

1.1.2 - LA RÉGION HUMIDE ET LES RÉGIONS D'ALTITUDE

6 à 10 mois humides (10 à 12 en haute altitude), mais températures plus basses.

Pluviométrie moyenne annuelle : 1 200 à 1 500 mm (2 000 mm en altitude).

Evapotranspiration potentielle : 800 à 1 200 mm (peut-être moins en altitude).

Indice global d'humidité : 20 à 100.

Saison sèche marquée mais avec crachins (plus de 15 mm pendant les mois secs).

1.1.3 - LA RÉGION SUBHUMIDE A SEMI-ARIDE

2 à 6 mois humides (déficit en eau du sol plus ou moins prolongé).

Pluviométrie moyenne annuelle : 600 à 1 500 mm.

Evapotranspiration potentielle : 1 100 à 1 700 mm.

Indice global d'humidité : de - 35 à +20.

Saison sèche extrêmement marquée, mais avec moins de six mois recevant moins de 15 mm.

1.1.4 - LA RÉGION SÈCHE

0 à 1 mois humide (déficit en eau du sol extrêmement prolongé ou permanent).

Pluviométrie très irrégulière d'une année à l'autre, moyenne : 350 à 400 mm.

Evapotranspiration potentielle : 1 200 à 1 300 mm.

Indice global d'humidité : inférieur à - 35.

Moins de 6 mois recevant plus de 15 mm.

Ces subdivisions climatiques coïncident bien, semble-t-il, avec les grandes régions géographiques de sols, chacune offrant une répartition caractéristique des grands groupes de sols nuancée par les autres facteurs pédogénétiques. On ne saurait cependant prétendre à des limites extrêmement bien définies.

- La région perhumide correspond au versant oriental de l'île, à l'exclusion de la dépression Mangoro-Alaotra située entre deux contrées montagneuses, au massif du Tsaratanana, au Bas-Sambirano et dans une certaine mesure à Nosy-Bé.

- La région humide correspond aux hautes terres centrales : Hauts-Plateaux et massifs montagneux les plus élevés de l'île (Andringitra, Ankaratra, Montagne d'Ambre).

- La région subhumide à semi-aride correspond à la bordure occidentale des Hauts-Plateaux, à la dépression périphérique du massif ancien ainsi qu'aux bassins sédimentaires de Majunga et de Morondava.

- La région sèche est constituée par les terrains sédimentaires du sud-ouest (Mangoky-Tuléar) et de l'extrême sud et par les avancées les plus méridionales du socle.

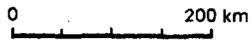
Les facteurs climatiques intéressent donc des unités géographiques de première grandeur qui apparaîtront sur les cartes pédologiques aux plus petites échelles et dont les dimensions sont au minimum de quelques dizaines de milliers de km². Ces facteurs conditionnent directement la répartition de certains groupes pédogénétiques parmi les plus étendus : sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés, sols faiblement ferrallitiques, sols ferrallitiques typiques.

**Répartition de la pluviométrie
Isohyètes annuels**

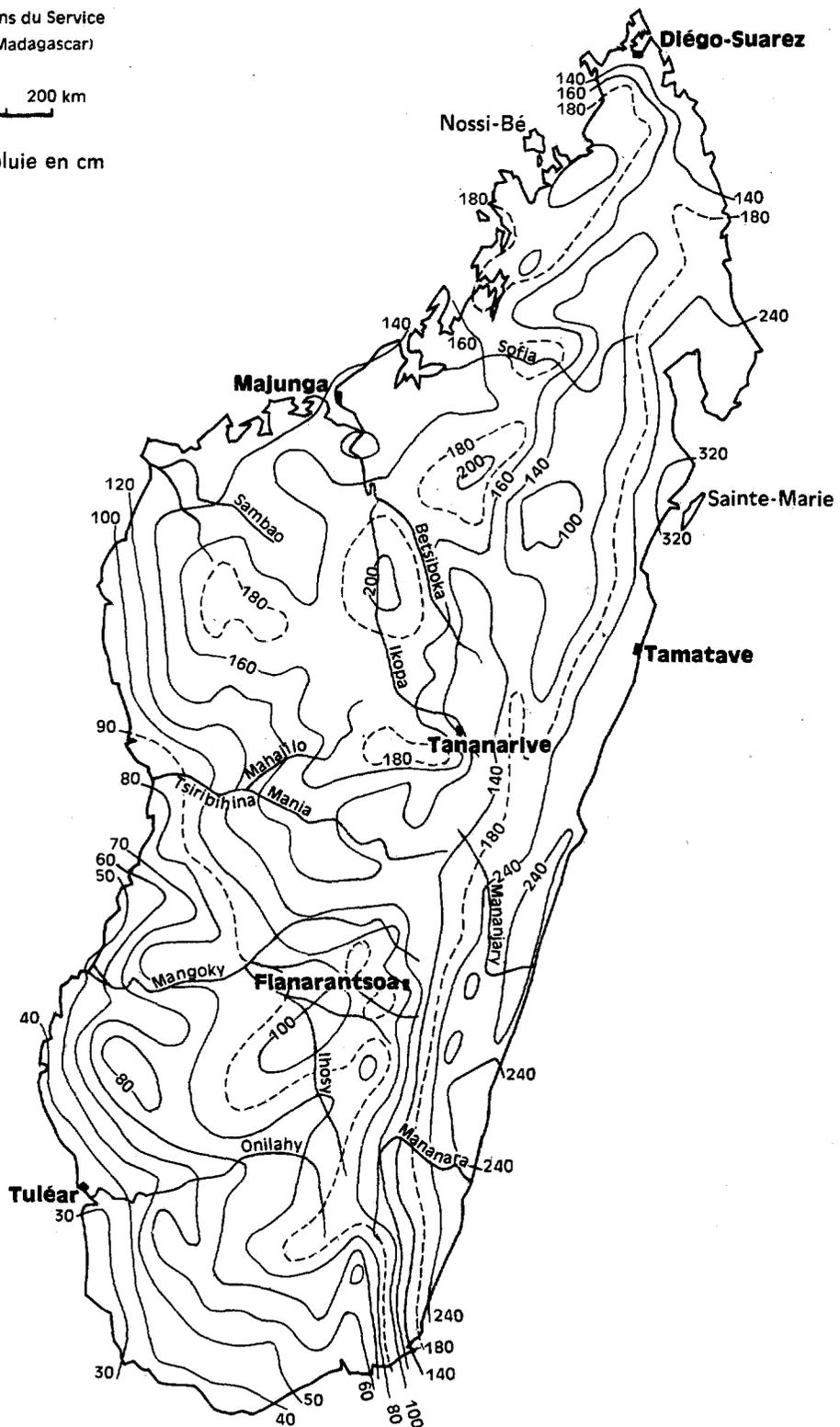
Figure 3

(d'après les publications du Service
Météorologique de Madagascar)

0 200 km



120 Hauteur de pluie en cm



La limite occidentale des sols ferrallitiques (latéritisation) coïnciderait approximativement avec l'isohyète (1 500 mm) compte-tenu du climat à saisons alternantes (P. SEGALIN, 1957 - J. HERVIEU, 1963), avec la valeur 200 du coefficient de Meyer (C. MOUREAUX et G. TERCINIER, 1953), avec la valeur 20 de l'indice global d'humidité de THORNTHWAITE (J. RIQUIER, 1957).

En altitude, malgré les basses températures, la ferrallitisation a lieu à cause des fortes pluviométries (P. SEGALIN, 1957 - F. BOURGEAT *et al.*, 1964). Des survivances paléo-climatiques sont très probables (variations dans la longueur et l'intensité de la saison sèche) dans l'Ouest (J. HERVIEU, 1963), dans l'extrême-Sud (J. HERVIEU, 1958, 1959) et même sur les Hauts-Plateaux (F. BOURGEAT et M. PETIT, 1965).

1.2 - La végétation

En pays tropical, la végétation, par la profondeur de l'enracinement et la production d'humus, n'a généralement pas un rôle aussi important que dans certains grands groupes de sols des pays tempérés ou sub-tropicaux.

Sur les sols et les matériaux d'altération de grande épaisseur, elle assure surtout une protection contre l'érosion.

Cependant, son rôle est très important dans l'évolution des sols appartenant aux groupes suivants : rendzines, sols bruns eutrophes, podzols, sols ferrugineux et ferrallitiques lessivés, sols ferrallitiques jaune sur rouge, sols ferrallitiques humifères, sols tourbeux et semi-tourbeux. Mais dans ces groupes, l'action de la végétation est associée à celle d'autres facteurs : climat, nature pétrographique et physico-chimique de la roche-mère, topographie, action de l'homme. C'est de ceux-ci que dépendra en définitive le degré de régionalité du facteur végétation.

Dans la région perhumide, la végétation climacique est la forêt dense ombrophile d'aspect subéquatorial. Cette forêt toujours verte, moins élevée et plus simplifiée dans sa composition en altitude, couvrirait probablement autrefois toute la région humide (H. HUMBERT, 1954). Il n'en subsiste plus que des reliques.

Dans ces régions, la forêt a fait place à une prairie secondaire (pseudo-steppe de graminées) en particulier dans les régions de basse altitude ou à relief modéré, avec des formes d'équilibre secondaires plus ou moins stables ("savoka") caractérisant une série régressive (PERRIER de la BATHIE, 1921 - H. HUMBERT, 1927 et 1949, - J. HERVIEU, 1960).

Dans l'ouest (région subhumide à semi-aride), la végétation climacique, c'est-à-dire la forêt décidue sèche, avec ses différentes nuances climatiques et édaphiques (trophophile ou sclérophylle) ne subsiste plus qu'en des surfaces restreintes. Les formations herbacées dominent (pseudo-steppe ou savanes plus ou moins arborées) avec *Heteropogon* et *Hyparrhenia*, alors que dans les régions humides, *Aristida* est l'espèce la plus fréquente et coïncide souvent avec une dégradation déjà avancée des horizons supérieurs du sol.

Dans la région sèche le bush xérophytique à *Alluaudia* et *Euphorbes* a également beaucoup régressé au profit des prairies à *Cenchrus*, *Eragrostis* et *Panicum* (J. BOSSER, 1954).

Dans la zone littorale occidentale, la forêt de palétuviers (mangroves) occupe plus de 200 000 ha.

La flore malgache, très riche, représente probablement l'héritage direct de l'ère tertiaire (H. HUMBERT, 1949).

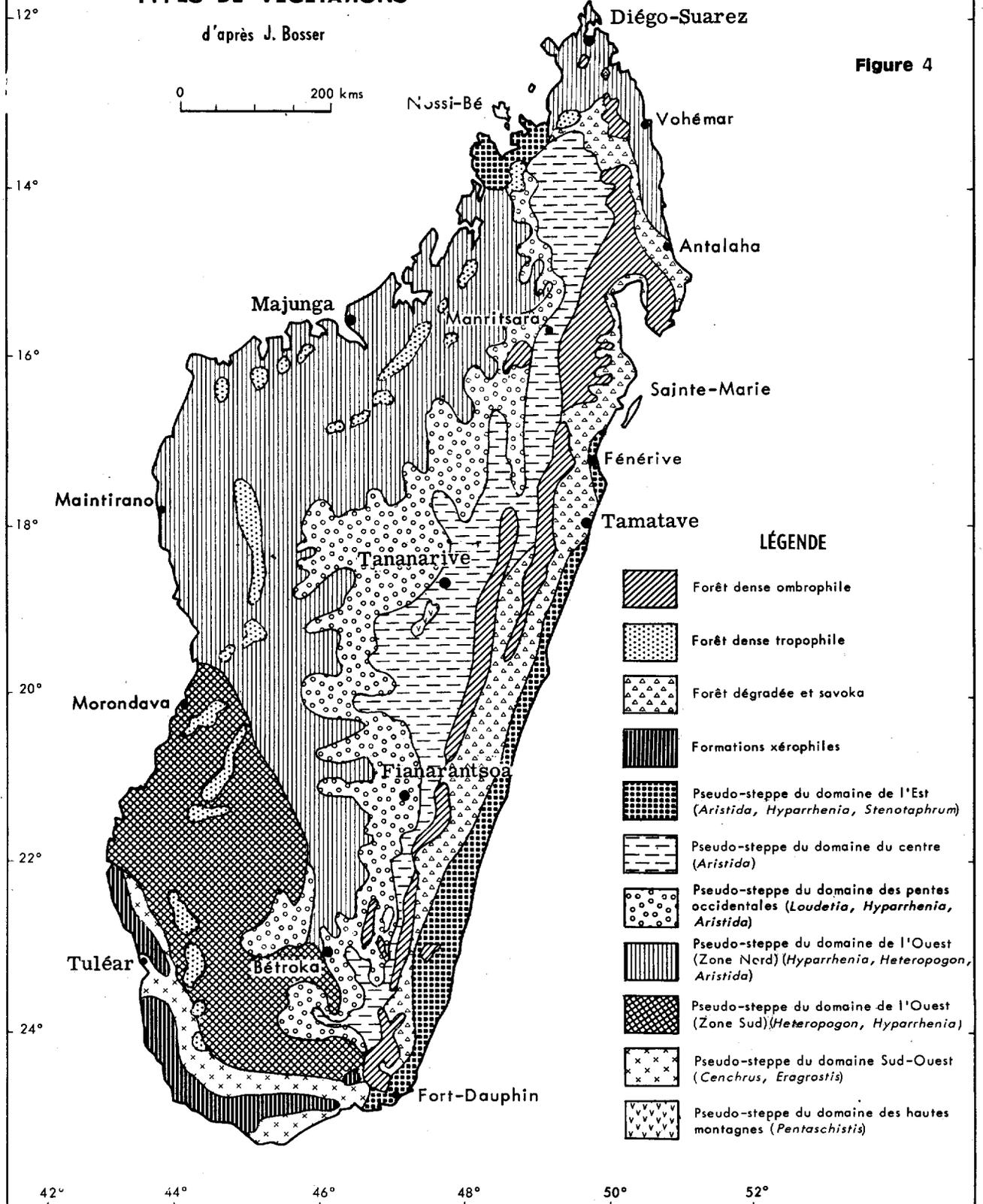
Les variations paléoclimatiques, en particulier plio-quaternaires, ont encore été trop peu étudiées pour juger de leur influence exacte sur un déséquilibre bioclimatique et morphoclimatique peut-être naturel, mais que les actions humaines ont incontestablement accéléré d'une manière intense à l'époque historique.

Ainsi, la végétation dans la Grande Ile peut intéresser des unités géographiques de première grandeur, mais sur les cartes à petite échelle, elle ne figurera pas directement dans la répartition des groupes de sols.

TYPES DE VÉGÉTATIONS

d'après J. Bosser

Figure 4



Aux échelles régionales (2ème et 3ème ordres de grandeur), c'est-à-dire pour des unités géographiques dont les dimensions sont au minimum de quelques dizaines à quelques centaines de km², ce facteur apparaîtra au niveau du groupe ou du sous-groupe, rarement à un niveau supérieur (sous classe des sols hydromorphes organiques ou moyennement organiques) mais dans un contexte morphoclimatique.

C'est aux quatrième et cinquième ordres de grandeur, c'est-à-dire aux échelles intermédiaires et locales, que ce facteur prendra de plus en plus d'importance, en corrélation avec la topographie et l'occupation humaine, plus rarement la nature du matériau originel (cas des roches-mères sableuses). Elle intéressera alors des unités géographiques de quelques centaines d'hectares à quelques km², souvent moindres.

Dans la région perhumide, les types de végétation secondaire ou "savoka", plus que la végétation forestière, favorisent la différenciation des horizons humifères et parfois le lessivage de l'argile et du fer (J. HERVIEU, 1960 - F. BOURGEAT *et al.*, 1964), par l'intermédiaire d'un humus brut et acide qui se forme surtout sous brousse éricoïde à *Philippia*.

En altitude, il se forme également un humus acide très désaturé, en particulier sous lande à fougères et éricacées (minéralisation lente).

Dans les bas-fonds de la région humide, le passage de *Cyperus madagascariensis* à *Heleocharis plantaginea* puis *Cyperus latifolius*, correspond à un abaissement de la nappe phréatique (R. DIDIER DE ST-AMAND, 1959).

Dans la région subhumide à semi-aride, *Typha angustifolia* domine largement dans les sols marécageux. Sur le versant oriental et sur roche-mère sableuse, la lande à *Philippia* favorise une évolution à caractère podzolique.

Dans l'ouest, sous forêt sèche décidue et surtout sous pseudo-steppe et savane herbeuse, la différenciation des horizons humifères est liée au pédoclimat et au drainage, les sols de bas de pente étant généralement les plus humifères.

En région humide, la pseudo-steppe à *Aristida*, en peuplement pur ou dominant, correspond souvent à des profils tronqués.

1.3 - Roches-mères et matériaux originels

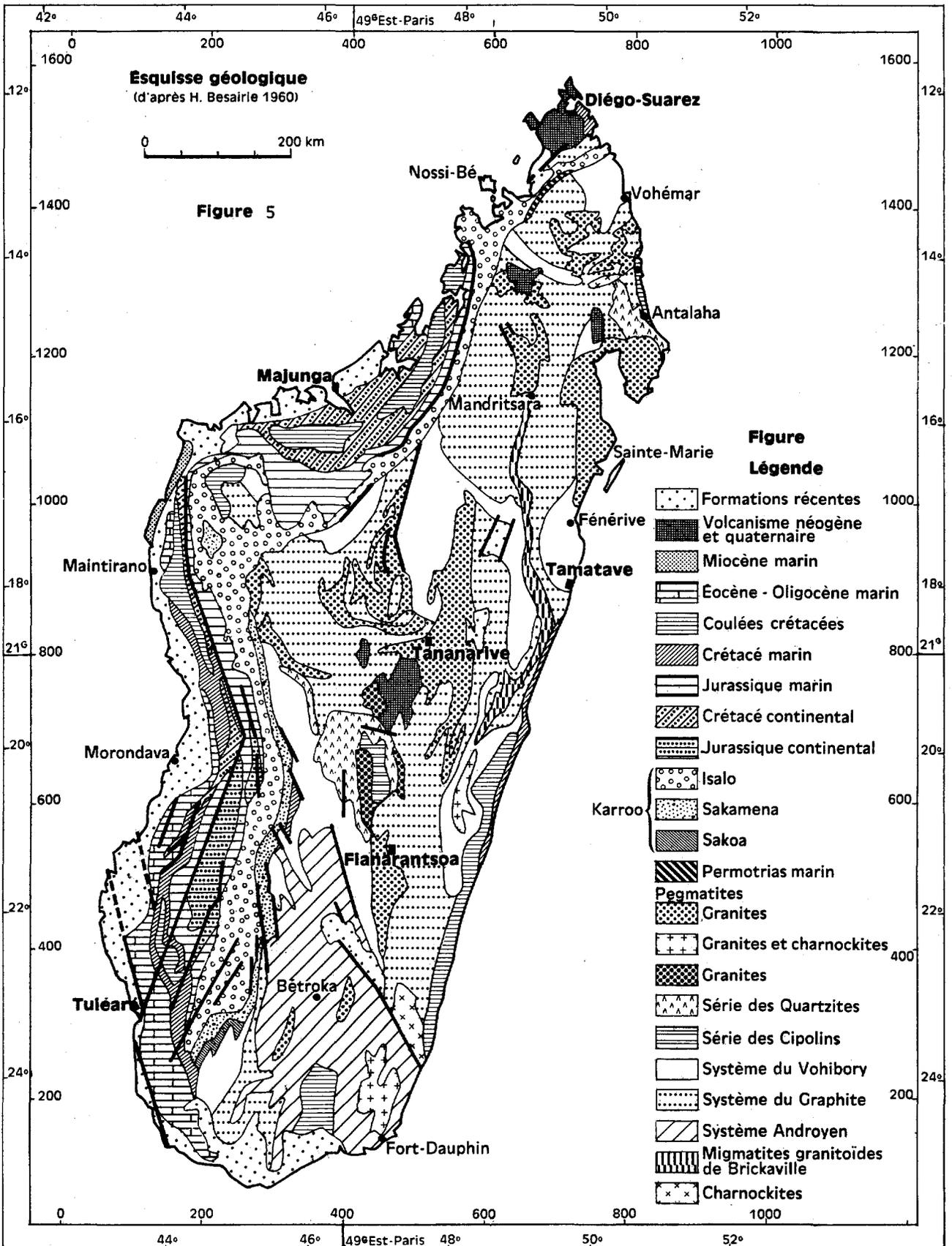
Les roches-mères et les unités structurales qui leur sont liées dans chacune des grandes régions pédogénétiques définies sur des bases climatiques, viennent certainement après le climat comme facteur le plus important à considérer pour expliquer la répartition géographique des sols malgaches.

Du fait du relief et de l'orientation de l'île, de sa constitution géologique, l'opposition entre régions perhumide et humide d'une part, régions subhumide à semi-aride et sèche d'autre part, est renforcée bien que la limite entre ces régions ne coïncide pas exactement avec celle du massif ancien et de sa couverture sédimentaire.

Ces facteurs interviennent plus ou moins directement au niveau du groupe ou du sous-groupe (sols bruns eutrophes, pseudo-podzols, sols jaunes et brun-rouge ferrallitiques, sols ferrallitiques humifères, sols ferrugineux et ferrallitiques concrétionnés ou indurés), plus rarement au niveau des catégories supérieures si le climat n'est pas trop agressif ou l'évolution encore peu marquée (sols minéraux bruts et peu évolués, sols rendziniiformes, vertisols).

Ils sont les principaux critères de différenciation aux catégories inférieures de la classification (familles). A ces facteurs correspondent des unités géographiques de deuxième et troisième ordres de grandeur. Dans le massif ancien, les influences lithologiques sont plus discrètes en zone humide et perhumide, mais deviennent très prépondérantes sur sa bordure occidentale et ses extrémités méridionales.

Les roches granitiques constituent souvent des reliefs résiduels, en particulier sur le versant occidental ("inselbergs") et dans les hauts massifs (complexes des Vavavato, chaînes Anosyennes, Andringitra, massif d'Antongil).



Sur les hauts-plateaux centraux, les granites ont fréquemment une allure stratoïde.

Dans la partie méridionale du socle cristallin, le système Androyen est caractérisé par la prédominance du faciès leptynite avec des cipolins et des quartzites. Le système du graphite constitue la plus grande partie du socle (H.BESAIRIE, 1960). Les faciès les plus variés y sont réunis : micaschistes, généralement très fortement altérés, gneiss, migmatites et migmatites granitoïdes. Le système du Vohibory (S.O.) est riche en faciès amphiboliques et en roches éruptives basiques.

Enfin, les formations les plus récentes du socle (centre ouest) sont composées de cipolins, schistes et quartzites.

Dans la couverture sédimentaire, la majorité des matériaux originels a été fournie par l'érosion et l'altération des séries gréseuses ou gréso-calcaires, parfois schisteuses (Isalo, Jurassique inférieur, Crétacé continental, Pliocène), alors que les séries calcaires ou marno-calcaires (Jurassique supérieur, Crétacé marin, Eocène) sont souvent dépourvues de sols véritables.

Par contre, les roches volcaniques basiques, aussi bien sur le socle que dans le bassin de Majunga et le nord-ouest (grandes coulées crétacées, massifs plio-quatérnaires), sont généralement profondément altérées, sauf en climat sec (massif volcanique de l'Androy) et ont donné naissance à des sols caractéristiques (P.SEGALEN, 1957 - J.HERVIEU, 1963).

Les matériaux d'apport ont une extension plus grande dans les basses plaines côtières du versant occidental. Leurs caractères sont hérités des altérations et des roches-mères des bassins-versants (J.HERVIEU, 1966).

1.4 - Modelé et topographie

L'évolution morphogénétique du socle est particulièrement complexe et les formations corrélatives font souvent défaut pour reconstituer d'une manière claire l'histoire des "paysages".

Sur le versant oriental et en région perhumide, le type de modelé le plus commun correspond à des reliefs d'altération ferrallitique mais à dissection profonde présentant fréquemment un aspect caractéristique en plis d'accordéon (P.BRENON, 1957), même sous couvert forestier dense.

L'écorce d'altération est irrégulièrement épaisse et la charpente du substratum cristallin souvent visible. A cause des fortes dénivellations, les formes sont jeunes et les très nombreux accidents tectoniques locaux facilitent l'encaissement du réseau hydrographique.

Sur les hauts-plateaux centraux, l'influence des structures métamorphiques est moins nette. Les reliefs gneissiques ou migmatitiques "s'empâtent" plus ou moins dans les matériaux d'altération, les vallées s'élargissent, les bassins versants élémentaires ont tendance à s'évaser, les pentes deviennent convexes.

Un certain nombre d'anciennes "surfaces d'érosion" ont été conservées à différentes altitudes (F.DIXEY, 1956), mais leur origine a parfois une cause structurale (granites stratoïdes ou coulées basaltiques) ou bien correspond à des formes d'accumulation (dépression du lac Alaotra, Plaine de Ranotsara).

Ces anciennes surfaces d'aplanissement, souvent polycycliques, sont particulièrement nettes sur les bordures du socle ancien : basses collines orientales, "pénéplaines" Antaifasy-Antaisaka, surfaces occidentales de Mandoto, Tsitondroina, Zomandao.

Les hautes surfaces ou "Tempoketsa" d'Ankazobe et de l'Horombe sont particulièrement étendues. Ces hauts plateaux ainsi que ceux correspondant aux grandes coulées crétacées (sud-est et nord-ouest) sont particulièrement favorables, par leur mauvais drainage, au concrétionnement ou au cuirassement local des sols.

Les reliefs volcaniques plio-quatérnaires (Ankaratra, Ankaizinana, Itasy) présentent des formes souvent bien conservées, mais ce n'est que sur les coulées et projections les plus récentes que les sols sont relativement peu épais et riches en cailloux.

Dans l'Ankaizinana et la Montagne d'Ambre, ces sols jeunes sont couverts d'une végétation à tendance xérophytique, même en climat humide (P.SEGALEN, 1957).

Dans les bassins sédimentaires de Majunga et de Morondava, les surfaces structurales les mieux conservées sont souvent recouvertes de matériaux remaniés (carapace sableuse).

Les séries gréseuses, en particulier celles de l'Isalo, ont été fortement attaquées par l'érosion au cours de plusieurs cycles morphogénétiques, d'où la fréquence des matériaux originels complexes dans les sols qui en dérivent. Par contre, les séries calcaires ou marno-calcaires portent fréquemment des sols à tendance squelettique.

Dans les zones sédimentaires, des aplanissements du type pédiment sont plus ou moins bien conservés. L'un des plus étendus correspond aux dépôts continentaux pliocènes et à une surface fini-tertiaire établie en fonction d'un niveau de base marin différent de l'actuel. Cet aplanissement fini-tertiaire a intéressé également le socle, en particulier dans l'ouest (F.DIXEY, 1956, J.HERVIEU, 1963, 1966) et l'extrême-sud (R.BATTISTINI, 1964).

L'histoire de ces cycles de pédimentation et d'érosion, bien qu'encore peu connue, est aussi importante à considérer pour la pédogénèse que les structures sédimentaires elles-mêmes.

Dans l'extrême-sud et le sud-ouest, les séries dunaires anciennes quaternaires ont une grande extension et ont donné naissance à des sols évolués.

Les structures lithologiques, les surfaces d'aplanissement, aussi bien dans le socle ancien que dans sa couverture sédimentaire, correspondent souvent à des unités géographiques d'ordre élevé. Au contraire, la topographie proprement dite intervient en pédogénèse dans les formes de détail et son influence n'apparaît clairement qu'aux grandes échelles. Cela tient à ce que l'action de ce facteur se traduit essentiellement soit par une modification du pédoclimat (J.RIQUIER, 1951), soit par une certaine susceptibilité à l'érosion.

Par ailleurs, les formes sont trop variées dans le massif ancien, l'érosion trop intense et discontinue dans la couverture sédimentaire pour qu'on puisse utiliser d'une manière systématique et générale la notion de chaîne de sols. Dans les sols ferrallitiques en particulier, la couleur est due davantage à la roche-mère ou au couvert végétal qu'à la position topographique du profil.

Dans les plaines alluviales, la topographie conditionne la position de la nappe : aux levées, terrasses inondables, cuvettes de débordement et dépressions marginales, correspondent des sols peu évolués, des sols faiblement hydromorphes, des sols hydromorphes plus ou moins organiques, des vertisols (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1959 - J.HERVIEU, 1966).

Le milieu fluvio-marin se présente comme un environnement à la fois sédimentologique et biologique (mangroves et zones intermédiaires) dans lequel les sols sont le plus souvent hydromorphes et salins.

1.5 - Le temps et les actions humaines

Sur le socle ancien, des sols ferrallitiques ont été fossilisés par les coulées volcaniques plio-quaternaires. Après la sédimentation chimique de l'Eocène, les faciès du Pliocène continental malgache correspondent à une rupture d'équilibre (phase "rhexistasique" d'H.ERHART), probablement en relation avec des variations paléoclimatiques.

Le concrétionnement et le cuirassement local de la surface fini-tertiaire révèlent déjà un climat tropical à saison chaude. Ce climat s'est poursuivi jusqu'à l'époque actuelle avec probablement des phases plus humides dont une au moins paraît majeure durant le Pleistocène (J.HERVIEU, 1959, 1964, "Ambovombien" de R.BATTISTINI, 1964).

Les tentatives de chronologie, même relatives, entre les sols et l'histoire morphogénétique des paysages malgaches, sont encore bien incertaines. C'est probablement dans l'extrême sud qu'elles sont les plus nettes (R.BATTISTINI, 1964), car dans les autres régions le climat actuel est très agressif et s'exerce sur des sols ou des matériaux souvent polyphasés et fortement transformés.

A l'échelle géologique, dans le socle ancien le déséquilibre morphoclimatique ne fait souvent que commencer sauf pour certaines zones très érodées et "l'héritage pédogénétique" est encore considérable. Au contraire, dans la couverture sédimentaire, les influences lithologiques et structurales deviennent prédominantes : les phénomènes de désagrégation mécanique et d'érosion l'emportent sur l'altération physico-chimique en place.

La désertification biologique accélérée par l'homme accentue l'agressivité climatique. En région perhumide, la déforestation a uniquement des causes anthropiques. En région humide et subhumide, la végétation forestière climacique se trouvait probablement dans certaines conditions en état d'équilibre instable. On sait maintenant que certaines formes d'érosion accélérée ("lavaka") sont bien antérieures à la présence de l'homme (F. BOURGEAT et M. PETIT, 1965). Cependant, dans cette région et surtout dans les régions occidentales, le rôle de protection mécanique joué par la végétation est fondamental. Aussi, les actions humaines en particulier les feux et le surpâturage, jouent-elles un rôle très important dans l'extension des phénomènes d'érosion, d'autant plus que certains types de végétation climacique (forêt sèche décidue ou bush xérophytique) s'accoutument de conditions édaphiques très peu favorables (lithosols ou régosols) qui les rendent encore plus vulnérables.

En conclusion, il est possible qu'à Madagascar les actions de l'homme ne fassent qu'accroître un déséquilibre morphoclimatique naturel dont les formes se sont manifestées localement depuis longtemps. Mais devant la multiplication des formes d'érosion accélérée, on ne peut minimiser l'importance de ces actions. Elles interviendront fréquemment aux ordres de grandeur inférieurs, parfois à l'échelon régional, dans la répartition des types de sols.

2 - CLASSIFICATION DES SOLS

Les sols malgaches, d'après la carte d'Afrique au 1/5 000 000 (J. D'HOORE, 1964), se répartissent dans les grandes catégories suivantes.

	Pourcentage de la surface de l'île	10 ³ km ²
Sols minéraux bruts et peu évolués	26 %	158
Sols calcimorphes	1,5	9
Vertisols et similaires	1,3	8
Sols bruns eutrophes	0,1	< 1
Sols rouges méditerranéens	1,3	8
Sols ferrugineux tropicaux	27,5	166
Sols ferrallitiques (sensu lato)	40	243
Sols halomorphes	1	6
Sols hydromorphes	1,3	7

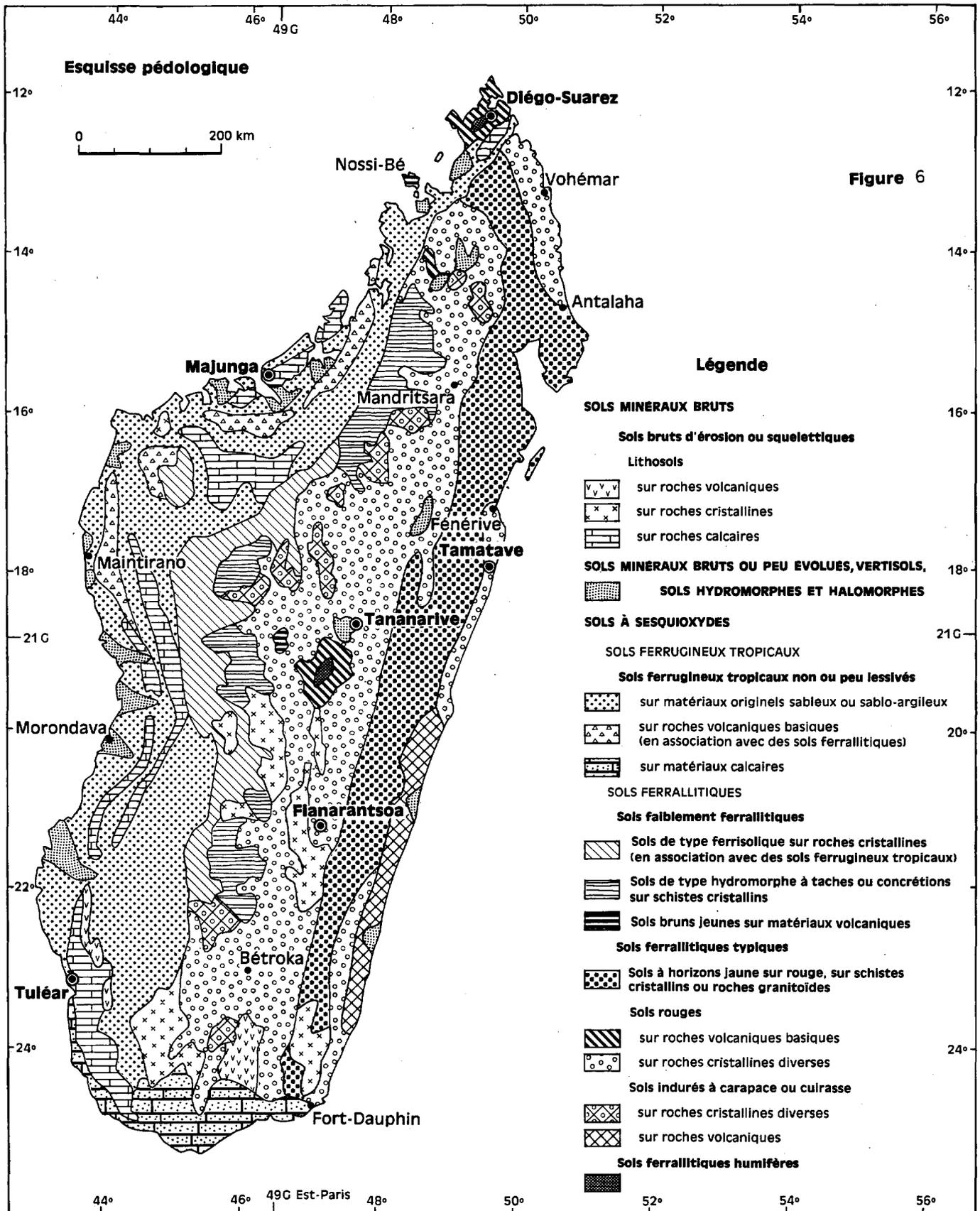
2.1 - Classification des sols utilisée par la Section de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M.

N.B. - Les groupes en gras ont été reconnus à Madagascar

Classes	Sous-Classes	Groupes
I. Sols minéraux bruts (A)C	1. Sols minéraux bruts d'origine climatique 2. Sols minéraux bruts d'origine non climatique	1a. Sols polygonaux 1b. Sols des déserts 2a. Sols bruts d'érosion 2b. Sols bruts d'apport
II. Sols peu évolués (AC)	1. Sols peu évolués d'origine climatique	1a. Toundras 1b. Rankers 1c. Sols subdésertiques
III. Sols calco-magnésimorphes	2. Sols peu évolués d'origine non climatique	2a. Sols peu évolués d'érosion 2b. Sols peu évolués d'apport
III. Sols calco-magnésimorphes	1. Sols Rendziniformes	1a. Rendzines vraies AC 1b. Rendzines à horizons A(B)C 1c. Sols alluviaux calcimorphes
	2. Sols à accumulation gypseuse	2a. à accumulation localisée
IV. Vertisols et Paravertisols A(B)C ou A(B)g ou GC	1. Topomorphes ou topo-lithomorphes (sans drainage externe) 2. Lithomorphes (à drainage externe)	1a. Vertisols grumosoliques 1b. Vertisols non grumosoliques 2a. Vertisols grumosoliques 2b. Vertisols non grumosoliques
V. Sols isohumiques (Sols de steppe ou pseudo-steppe) AC ou A(B)C	1. Sols isohumiques à complexe partiellement désaturé 2. Sols isohumiques à complexe saturé, à pédoclimat très froid une partie de l'année 3. Sols isohumiques à complexe saturé, à pédoclimat frais, altération plus forte en profondeur 4. Sols isohumiques à complexe saturé, à pédoclimat chaud, apparition d'hydroxydes de fer	1a. Brunizems 2a. Chernozems 2b. Sols châtaîns 2c. Brunozems ou sols bruns steppiques 2d. Sierozems 3a. Sols châtaîns subtropicaux 3b. Sols bruns subtropicaux 3c. Sierozems subtropicaux 4a. Sols bruns subarides
VI. Sols à "mull" (matière organique évoluée) A(B)C ou ABC	1. Sols à "mull" des pays tempérés, à pédoclimat frais 2. Sols à "mull" des pays tropicaux, à pédoclimat chaud et humide	1a. Sols lessivés (migrations d'argile) 1b. Sols bruns 2a. Sols bruns eutrophes tropicaux
VII. Podzols et sols podzoliques	1. Sols à "mor" (humus brut) 2. Sols à humus brut et nappe peu profonde	1a. Podzols 1b. Sols podzoliques 1c. Sols ocre podzoliques 2a. Podzols à gley 2b. Pseudo-podzols de nappe 2c. Sols podzoliques à gley
VIII. Sols à sesquioxydes et matière organique rapidement minéralisée	1. Sols rouges et bruns méditerranéens 2. Sols ferrugineux tropicaux 3. Sols ferrallitiques	1a. Sols rouges méditerranéens non lessivés 1b. Sols rouges méditerranéens lessivés 1c. Sols bruns méditerranéens 2a. Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés 2b. Sols ferrugineux tropicaux lessivés 3a. Sols faiblement ferrallitiques 3b. Sols ferrallitiques typiques 3c. Sols ferrallitiques lessivés 3d. Sols ferrallitiques humifères
IX. Sols halomorphes	1. Sols halomorphes à structure non dégradée 2. Sols halomorphes à structure dégradée	1a. Sols salins 2a. Sols à alcalis non lessivés 2b. Sols à alcalis lessivés 2c. Sols à alcalis à argile dégradée
X. Sols hydromorphes	1. Sols hydromorphes organiques 2. Sols hydromorphes moyennement organiques 3. Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères	1a. Sols tourbeux 2a. Sols humiques à gley (semi-tourbeux ou marécageux) 3a. Peu humifères à gley 3b. Peu humifères à pseudo-gley 3c. Peu humifères à redistribution gypso-calcaire

2.2 - Rappel de quelques définitions

- Lessivage** - Entraînement plus ou moins intense de l'argile et du fer au sein du profil.
- Vertisol** - Sol à argiles gonflantes, de couleur foncée (cf. argiles noires tropicales).
- Rendzine** - Sol dont la formation est liée à la richesse en calcium de la roche-mère, sous forme de carbonates.
- Mull** - Matière organique incorporée à la matière minérale, à transformation biologique active, avec formation d'un complexe argilo-humique.
- Podzolisation** - Altération chimique des éléments silicatés sous l'influence d'un humus brut (mor), avec lessivage des composés humiques et des sesquioxydes.
- Rubéfaction** (ou Ferrugination)
- Altération avec libération et souvent déshydratation des oxydes de fer, mais pas d'alumine. Lessivage total pour les carbonates, variable pour l'argile et le fer.
- Ferrallitisation** (latéritisation)
- Altération intense avec perte maximum de silice, des cations et libération des sesquioxydes, en particulier l'alumine. Accumulation relative ou absolue des oxydes et hydroxydes de fer ou d'alumine.
- Halomorphie** (Halogénèse)
- Evolution sous l'influence d'un excès de sels ou de l'ion Sodium.
- Hydromorphie** (Hydrogénèse)
- Evolution sous l'influence d'un excès d'eau temporaire ou permanent.
- Pseudo-gley** - Lessivage localisé du fer ferreux en condition d'engorgement temporaire par l'eau.
- Gley** - Horizon gris bleuté ou gris verdâtre à fer réduit, en condition d'engorgement quasi permanent (nappe phréatique plus ou moins riche en matière organique).



3 - LA RÉGION PERHUMIDE (Versant oriental - Sambirano)

3.1 - Sols minéraux bruts et peu évolués

Les sols bruts d'érosion et les rankers tropicaux ont été peu décrits dans cette région. La roche nue, en boules ou en pitons, émerge même en zone forestière d'une écorce d'altération plus ou moins épaisse.

Les roches-mères sableuses : filons et épandages quartzitiques, sables côtiers, apports fluviaux des lits, donnent naissance à des sols peu évolués, à humus brut (ou sols humifères sur sables) (J. RIQUIER, 1951 - J. RIQUIER et R. RATASILAHY, 1960 - J. HERVIEU, 1960 a et b - F. BOURGEAT, 1964).

Les sols peu évolués d'apports fluviaux (sur alluvions récentes), se caractérisent le plus souvent par un faciès à caractère nettement acide et une forte désaturation, peu de réserves minérales (sous-groupe modal). Ils sont parfois tachetés (sous-groupe hydromorphe).

Ces sols occupent généralement les levées en bordure de lit (C. MOUREAUX, 1956 - R. DIDIER DE ST-AMAND, 1959 - J. RIQUIER, 1960 et 1961 - J. HERVIEU, 1960 a - J. KILIAN, 1965). Ils sont peu étendus dans les basses plaines orientales par rapport aux sols hydromorphes proprement dits.

Les sols à texture argileuse dominent dans les hautes vallées, ceux à texture sableuse dans les basses plaines côtières (J. HERVIEU, 1960 a). Cependant, la tendance argileuse domine dans les bassins versants basaltiques (F. BOURGEAT, 1964).

3.2 - Sols à "mull"

Les sols bruns eutrophes tropicaux sont exceptionnels dans cette région. Ils ont été observés à Nosy-Bé (tendance moins humide), sur cendres et levées basaltiques, sur alluvions de matériaux volcaniques (J. VIEILLEFON et F. BOURGEAT, 1964).

3.3 - Podzols et sols podzoliques

Ces sols ont été observés uniquement sur roche-mère sableuse très perméable.

Ils présentent un horizon blanchi mais non cendreux. Pour cette raison, ils doivent plutôt être rattachés au groupe des Pseudo-Podzols. Ils se forment sous forêts, landes ou prairies, sur sables quartzitiques (J. HERVIEU, 1960) et surtout sur sables littoraux fluvio-marins (J. RIQUIER, 1951a - J. HERVIEU, 1960 a - J. VIEILLEFON, 1961 - F. BOURGEAT, 1964).

L'accumulation est souvent humique, plus rarement humo-ferrugineuse et se fait au contact soit d'une couche argileuse, soit plus souvent d'une nappe.

3.4 - Sols à sesquioxydes

3.4.1 - SOLS FERRALLITIQUES TYPIQUES

3.4.1.1 - Sols rouges

Ces sols sont fréquents sur tout le versant occidental malgache, sous forêt, brousse secondaire ("Savoka") ou prairie, en particulier sur roches acides granitoïdes et sur roches éruptives ba-

siques (gabbros, dolérites). Sous prairie, la partie supérieure du profil est souvent érodée (J. HERVIEU, 1960 a).

Sur roches basiques, la zone de départ est réduite, et la transition avec la roche saine rapide. La végétation conditionne la morphologie et le développement de l'horizon A. L'horizon humifère de surface atteint un développement maximum sous "Savoka".

Des sols rouges sur schistes ont été signalés à Nosy-Bé (J. VIEILLEFON et F. BOURGEAT, 1964).

3.4.1.2 - Sols jaune sur rouge

Ce type de sols est le plus répandu sur le versant oriental, sur roches métamorphiques ou basiques à structure feuilletée (micaschistes, gneiss, amphibolites). L'horizon jaune (zone "podzolée" d'H. ERHART) est lié à l'action d'une végétation forestière primaire ou dégradée généralement dense, mais le lessivage de l'argile et du fer est souvent peu net (J. RIQUIER, 1951 b et c - J. HERVIEU, 1960 a - J. VIEILLEFON, 1961). Ce type de sols a également été observé sur rhyolite. Il est rare sur roche volcanique basique (P. SEGALEN, 1957).

3.4.1.3 - Sols brun-rouge à brun-jaune

Ces sols ont été observés sur basaltes crétacés, entre Vangaindrana et Mananjary (P. SEGALEN, 1957) et à Nosy-Bé (sols brun-jaune) (P. SEGALEN, 1957 - J. VIEILLEFON et F. BOURGEAT, 1964), également à Sainte-Marie, sur amphibolites (J. VIEILLEFON, 1961).

3.4.1.4 - Sols jaunes

Ces sols sont surtout observés sur alluvions fluviales ou fluvio-lacustres anciennes (J. RIQUIER, 1961 - J. HERVIEU, 1960 a - F. BOURGEAT, 1964), parfois sur colluvions (R. DIDIER DE ST-AMAND, 1959 a), plus rarement sur roches métamorphiques acides ou sédimentaires (P. ROCHE, 1955 a - J. HERVIEU, 1960 a et b).

3.4.1.5 - Sols ferrallitiques à pseudo-concrétions

Ces sols contiennent en quantité importante des débris d'altération gibbsitiques et ferruginisés dans les horizons supérieurs (J. RIQUIER, 1951 b et c, 1953 - R. DIDIER DE ST-AMAND, 1959 a).

Ces pseudo-concrétions correspondent souvent à des remaniements sur d'anciennes surfaces d'aplanissement en voie de dissection (J. HERVIEU, 1960 a). Elles sont fréquentes dans les sols dérivés de roches granitoïdes à altération gibbsitique de type carié.

3.4.1.6 - Sols ferrallitiques indurés concrétionnés ou cuirassés en place

Les sols concrétionnés ou à cuirasse vacuolaire sont très fréquents et étendus sur les séries basaltiques crétacées (P. SEGALEN, 1957 - J. RIQUIER, 1961 a et b - F. BOURGEAT, 1964).

Sur ces surfaces structurales, il y aurait dans cette région un enrichissement en hydroxydes de fer par lessivage ou migrations obliques (P. SEGALEN, 1957). En zone forestière, les cuirasses sont peu fréquentes (une cuirasse a été observée sur pyroxénite altérée au nord de Moramanga).

3.4.2 - SOLS FERRALLITIQUES LESSIVÉS

Ce type de sol est peu fréquent ; il a été observé sur grès calcaires d'origine dunaire dans la région de Fort-Dauphin (J. HERVIEU, 1960 b), avec un net lessivage du fer et de l'argile.

Sur roches métamorphiques, il est rare (F. BOURGEAT *et al.*, 1964), le lessivage étant dans ce cas favorisé par l'humus brut acide des "Savoka".

3.4.3. - SOLS FAIBLEMENT FERRALLITIQUES des basses collines orientales

On les observe dans les zones fortement érodées (profils tronqués) où l'évolution est remise en jeu (rajeunissement par érosion).

3.5 - Sols hydromorphes

3.5.1 - SOLS TOURBEUX OU SOLS DE MARAIS

Ces sols, à engorgement total et permanent, ont été observés dans de nombreux biefs des cours d'eau du versant oriental, dans les cuvettes d'Andapa et de Didy, dans les basses plaines alluviales côtières (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1955 - C.MOUREAUX, 1956 - J.HERVIEU, 1960 a et b - J.RIQUIER, 1961 a et b).

Dans les bas cours, les rivières ont tendance à exhausser leur lit entre des levées naturelles, ce qui a pour conséquence la formation de marais dans les vallées affluentes.

De plus, l'écoulement des eaux d'inondation est gêné par les cordons littoraux qui régularisent le rivage en saison sèche (à cause de la forte houle des alizés) et comblent facilement les estuaires (J.HERVIEU, 1960 b - J.RIQUIER, 1961 a et b).

Des sols tourbeux ont été également observés dans des lagunes post-littorales, mais ils ne sont généralement pas salés (J.HERVIEU, 1960 b - F.BOURGEAT, 1964). Ces sols hydromorphes organiques se forment sous une végétation caractéristique à base de *Typhonodorum* et de *Pandanus* avec de grandes Cypéracées. L'accumulation de matière organique, parfois épaisse de plusieurs mètres, est souvent fibreuse, peu consistante.

La teneur en matière organique varie entre 25 et 70 % et la décomposition est faible (rapport C/N supérieur 20).

Ces sols sont très acides, oligotrophes. La formation de sulfures y est fréquente.

3.5.2 - SOLS SEMI-TOURBEUX OU MARÉCAGEUX

Ces sols se forment dans des conditions analogues, mais l'horizon de matière organique est plus évolué, moins fibreux, et le plan d'eau peut s'abaisser au-dessous de la surface une partie de l'année.

L'alluvionnement épisodique minéral est plus fréquent que dans les sols tourbeux. La présence d'un gley à moyenne profondeur est quasi-générale. Ces sols ont été observés dans les basses vallées de l'Izafo, de l'Ivondro, de la Rianila, du Manampotsy, du Mangoro, de la Matitanana, de la Manambato et du Manampatrana, dans la cuvette d'Andapa et à l'île Ste-Marie.

Dans la végétation, les petites Cypéracées dominent fréquemment. L'utilisation en riziculture est très fréquente.

Ces sols sont assez riches en matière organique (8 à 20 %), très acides, le plus souvent riches en sulfures et en alumine échangeable (J.RIQUIER, 1961 a et b).

Par drainage, ils évoluent plus rapidement que les sols tourbeux (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1959 b).

La granulométrie du gley est souvent fine (zones de décantation) mais parfois l'horizon organique surmonte des couches sableuses (J.RIQUIER, 1961 a - J.KILIAN, 1965). Le passage du type tourbeux au type semi-tourbeux, par drainage, se traduit par un abaissement du taux d'humus par rapport à la matière organique totale (P.ROCHE, 1951 - R.DIDIER DE ST-AMAND, 1959 b).

3.5.3 - SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX OU PEU HUMIFÈRES A GLEY (sols de "Tanymanga")

Ces sols se forment dans les zones mal drainées, à engorgement permanent de profondeur et à alluvionnement fin assez important (cuvettes de débordement, biefs de vallées marécageuses).

L'horizon de gley ("Tany-manga" ou terre bleue) est proche de la surface.

L'horizon organique est plus compact que dans les types précédents (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1959 b), et n'excède pas en général 20 à 30 cm d'épaisseur. Les teneurs en matière organique sont fréquemment de l'ordre de 4 à 5 % et inférieures à 10 % (Anmoor acide).

Le rapport C/N a tendance à s'abaisser par évolution en aérobieuse une grande partie de l'année. La riziculture accentue cette évolution.

La fraction argileuse est essentiellement kaolinique, avec de faibles quantités de gibbsite et de goéthite (moins de 10 %) (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1959 b).

Les sols du Haut Sambirano sont plus riches en illite (G.TERCINIER, 1953 - J.HERVIEU, 1966).

Les sols de mangrove (sous-groupe à gley salé) sont peu étendus : ils ont été décrits à Sainte-Marie (J.VIEILLEFON, 1961).

3.5.4 - SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX OU PEU HUMIFÈRES A PSEUDO-GLEY (sols tachetés)

Ces sols se forment dans les zones intermédiaires entre dépressions et levées.

La riziculture accentue l'hydromorphie de ces alluvions, souvent à couleur jaune dominante.

Ils sont acides, à granulométrie variable, à faible taux de saturation, avec peu de réserves minérales.

La présence d'un gley profond n'est pas rare (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1955 - P.SEGALEN 1956 - C.MOUREAUX *et al.*, 1959 - J.HERVIEU, 1960 a et b - J.RIQUIER, 1961 b - J.RIQUIER et R.RATASILAHY, 1960 - F.BOURGEAT, 1964 - J.KILIAN, 1965).

Dans toutes ces régions alluviales à sols hydromorphes, il faut noter la fréquence des sols complexes à la suite des changements de lit, des crues exceptionnelles, de la fermeture des estuaires par les cordons sableux.

La présence d'horizon tourbeux enterré par colmatage d'un marais a été fréquemment observée (J.RIQUIER, 1961 a et F.BOURGEAT, 1964).

4 - RÉGION HUMIDE ET RÉGIONS D'ALTITUDE (Hauts-plateaux centraux)

4.1 - Sols minéraux bruts et peu évolués

Les sols bruts d'érosion (lithosols) et les rankers tropicaux plus ou moins humifères sont fréquents sur les hauts massifs, quelle que soit la nature de la roche-mère, mais surtout sur granites et quartzites.

Sur roches volcaniques basiques, des sols jeunes ont été décrits sur coulées récentes dans la Montagne d'Ambre et l'Ankaizinana (P.SEGALEN et G.TERCINIER, 1951 - P.SEGALEN, 1957).

Lorsque les altérations sont moins profondes et lorsque en allant vers l'ouest la saison sèche

s'accentue, ces sols bruts se forment par rajeunissement du relief et érosion (sols squelettiques). Ils ont été décrits dans le nord-ouest sur rhyolites, marnes et calcaires, (J.VIEILLEFON et F.BOURGEAT 1965).

Les sols peu évolués d'apport proviennent surtout de l'érosion des zones d'altération (zones de départ) et pour cette raison ont été appelés parfois "latéritites". Ils occupent rarement dans les vallées du massif ancien des surfaces importantes. Ces sols sont normalement micacés, à réaction acide, plutôt pauvres en éléments minéraux à l'exception de certains sols alluviaux d'origine basaltique qui sont mieux pourvus (P.ROCHE, 1955 b et d - J.VIEILLEFON et F.BOURGEAT, 1964). Au contraire, lorsque ces alluvions proviennent de l'érosion des sols ferrallitiques (horizon rubéfié), elles sont généralement très désaturées (J.HERVIEU, 1958).

Le faciès faiblement hydromorphe est fréquent. Lorsque l'horizon A est bien développé, l'humification est assez bonne. La texture est très hétérogène. Le terme "baiboa" s'applique surtout à des sols limono-sableux ou limono-argileux des terrasses inondables, alors que les levées sont généralement très sableuses. Les bases échangeables et les réserves minérales sont plus élevées dans les régions à forte érosion comme celles du lac Alaotra (P.ROCHE *et al.*, 1959 - J.RIQUIER et P.SEGALEN, 1949).

4.2 - Sols à "mull"

Les sols bruns eutrophes se développent essentiellement sur cendres ou scories volcaniques dans les régions d'altitude ou sur leur pourtour. Ils ont été décrits dans l'Itasy (F.BOURGEAT *et al.*, dans la Montagne d'Ambre et à Nosy-Bé (P.SEGALEN, 1957 - J.VIEILLEFON et F.BOURGEAT, 1965) où ils ont parfois une couleur brun jaune. Dans de nombreux cas, il semble que ce type de sol soit transitoire vers les sols ferrallitiques et son extension est toujours très localisée, l'épaisseur du profil irrégulière.

4.3 - Podzols

Des pseudo-podzols humiques sur sables ont été signalés dans l'Ankaizinana (P.SEGALEN et G.TERCINIER, 1951). Ils peuvent se développer également sur les quartzites métamorphiques (Haut massif de l'Itrémo), mais dans la région humide ce type de sol est exceptionnel.

4.4 - Sols à sesquioxydes

4.4.1 - SOLS FERRALLITIQUES TYPIQUES ET FAIBLEMENT FERRALLITIQUES

4.4.1.1 - Sols rouges

Les sols rouges sont les plus fréquents sur les hauts plateaux centraux, mais les profils sont très souvent tronqués par l'érosion. Sous végétation herbacée dégradée (pseudo-steppe à *Aristida*), l'horizon humifère est peu différencié. Si l'érosion a atteint la zone de départ à une époque récente, le sol présente les caractères d'un sol faiblement ferrallitique (sols ferrallitiques rajeunis). Ce cas est fréquent sur schistes cristallins (F.BOURGEAT *et al.*, 1964 - J.HERVIEU, 1966). Sur granites ou granites migmatitiques, la zone de départ est moins épaisse et les arènes d'altération plus sableuses (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1954 - J.HERVIEU, 1966).

Sur alluvions anciennes, la teinte est parfois rouge-orangé (J.HERVIEU, 1957 - J.BOSSER et J.HERVIEU, 1958). Des sols rouges de couleur très vive se développent dans les régions basses

de l'Ankaratra et de la Montagne d'Ambre sur basaltes (P.SEGALEN, 1954). Ils ont également été signalés sur trachytes dans l'Ankaizinana (P.SEGALEN et G.TERCINIER, 1951), sur grès de l'Isalo à l'est d'Ambilobé (F.BOURGEAT et J.VIEILLEFON, 1965), sur schistes liasiques. Sur roches sédimentaires, la ferrallitisation est peu intense.

Les caractères des Ferrisols* (en particulier les agrégats à faces brillantes) ont été observés sur sols rouges basaltiques (J.VIEILLEFON et F.BOURGEAT, 1965), plus rarement dans les sols rouges du massif ancien.

4.4.1.2 - Sols jaune sur rouge

Dans cette région pédogénétique, ces sols sont les témoins d'actions sinon paléoclimatiques, du moins écologiques, et correspondent à des zones déforestées probablement à la période historique. Aussi, les observe-t-on dans les secteurs intermédiaires avec la région humide, sur les gradins orientaux (P.SEGALEN, 1951 - P.SEGALEN et G.TERCINIER, 1951 - R.DIDIER DE ST-AMAND, 1954 - J.HERVIEU, 1960 - F.BOURGEAT *et al.*, 1964). Ils sont assez rares dans la région centrale elle-même : on les observe en altitude sur d'anciennes surfaces d'aplanissement ("Tampoketsa" d'Ankazobe) (J.RIQUIER, 1951 b) et dans le massif volcanique de l'Ankaratra (sols "Mavomena") (P.SEGALEN, 1957).

Ces sols sont souvent riches en pseudo-concrétions, parfois en concrétions vraies.

4.4.1.3 - Sols brun-rouge

Ce type de sols a été surtout décrit sur roches basaltiques dans l'ouest de l'Ankaratra (P.SEGALEN, 1957), dans l'Ankaizinana (P.SEGALEN et G.TERCINIER, 1951), dans les zones climatiques à tendance moins humide de la Montagne d'Ambre (G.TERCINIER, 1951). Ils ont été observés plus localement sur roches éruptives basiques (J.RIQUIER et P.SEGALEN, 1949 - J.RIQUIER 1951 a - J.BOSSER et P.ROCHE, 1956) ou alluvions anciennes d'origine basaltique (J.BOSSER et J.HERVIEU, 1958).

4.4.1.4 - Sols jaunes

Comme dans la région orientale, les sols jaunes sont caractéristiques des alluvions anciennes fluviatiles ou fluvio-lacustres. Ils ont été décrits en particulier dans la dépression du Mangoro (R.DIDIER DE ST-AMAND et J.FRITZ, 1960 - J.HERVIEU, 1960 - F.BOURGEAT *et al.*, 1964), dans les vallées des environs de Tananarive (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1956), d'Antsirabé (P.ROCHE 1955 b), d'Ambositra (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1957 b), d'Ambohimandroso (J.BOSSER et J.HERVIEU, 1958).

4.4.1.5 - Sols ferrallitiques indurés

Les sols à cuirasse de nappe de plateau ont une extension assez importante sur les coulées basaltiques plio-quaternaires de l'Ankaratra (cuirasse massive) (P.SEGALEN, 1957 - J.HERVIEU, 1957 - F.BOURGEAT *et al.*, 1964), ainsi que sur certaines surfaces anciennes du socle métamorphique (cuirasse pisolitique) comme dans l'Ankaizinana (P.SEGALEN et G.TERCINIER, 1951 - zomby (J.RIQUIER, 1951 c et 1957). Ces cuirasses sont ferrugineuses ou ferro-alumineuses, plus rarement bauxitiques. La formation de cuirasses a été plus rarement observée sur alluvions anciennes (Ankaratra) (R.DIDIER DE ST-AMAND, 1955 b).

Des sols ferrallitiques à concrétions ou cuirasse ferrugineuse, ont été maintes fois observés en bas de pente ou sur des replats d'érosion, mais ont le plus souvent une extension très localisée (J.RIQUIER, 1954 - R.DIDIER DE ST-AMAND, 1955 c, 1956 a, 1957 b - P.ROCHE, 1955 b et d). Sur alluvions anciennes, ces sols indurés passent aux sols hydromorphes vrais (cf. ci-dessous) (J.HERVIEU, 1957 - J.BOSSER et J.HERVIEU, 1958 - J.RIQUIER, 1960).

* Classification belge (C.SYS, 1960 - J.D'HOORE, 1964).

4.4.2 - SOLS FERRALLITIQUES HUMIFÈRES

Ce type de sols caractérise les régions volcaniques d'altitude. L'accumulation de matière organique (10 à 40 %) se fait sous des pluviométries en moyenne supérieures à 1 700 mm, jusqu'à plus de 3 000 mm, et des températures moyennes annuelles de 9 à 22° (P. SEGALEN, 1957).

4.4.2.1 - Sols bruns humifères

Ces sols ont été observés et décrits dans la Montagne d'Ambre, l'Ankaizinana, l'Ankaratra (P. SEGALEN, 1951 - G. TERCINIER, 1952 - P. SEGALEN, 1957 - P. ROCHE, 1957 - F. BOURGEAT *et al.*, 1964), souvent sous forêt d'altitude ou lande, sur basalte ou cendres.

Des sols bruns à brun-rouge humifères ont été également décrits sur cipolins, sous prairie, dans les environs d'Ambatofinandrahana (J. HERVIEU, 1966).

4.4.2.2 - Sols humifères noirs (type "Ando")

Ces sols ont été décrits dans la partie centrale de l'Ankaratra où ils se forment sous des pluviométries très élevées et des températures moyennes basses, inférieures à 10°, en particulier sur cendres ou scories et sous prairie ou lande à fougères et éricacées (P. SEGALEN, 1957 - F. BOURGEAT *et al.*, 1964).

La présence de gibbsite à côté de l'allophane, l'épaisseur des horizons organiques, leur très forte désaturation, excluent leur rattachement aux sols peu évolués (cas des sols à allophane très dominant).

La classification américaine rattache les sols humiques à allophane sur cendres aux inceptisols. Les sols malgaches sont au moins des intergrades vers les sols ferrallitiques.

4.4.3 - SOLS FERRALLITIQUES LESSIVÉS

Ce type d'évolution est exceptionnel dans la région centrale humide. Il a été signalé dans de rares cas, en particulier sous "Savoka" dans les zones de transition avec le versant oriental (F. BOURGEAT *et al.*, 1964) et sur alluvions anciennes sous taillis d'acacias (J. HERVIEU, 1957), mais le lessivage de l'argile et du fer est peu accentué.

4.5 - Sols hydromorphes

4.5.1 - SOLS TOURBEUX

Ces sols hydromorphes, à accumulation organique importante, prennent dans cette région un grand développement. Leur plus grande extension est observée dans les plaines de niveau de base local, dont l'existence est due à des accidents tectoniques visibles ou probables, telles la dépression Mangoro-Alaotra, la plaine du Betsimitatra (Tananarive).

Ils sont également fréquents dans les vallées mal drainées barrées par des seuils rocheux cristallins ou des coulées volcaniques.

Ces sols sont très acides (sols tourbeux oligotrophes). L'accumulation tourbeuse (jusqu'à 70 % de matière organique totale par rapport à la terre fine) peut atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. Cette matière organique est légère (d inférieur à 1,8) et grossière, plus humifiée et plus fine en profondeur, avec un rapport C/N souvent de 40 à 50 (R. DIDIER DE ST-AMAND, 1959). Les horizons minéraux profonds sont très différents selon l'histoire de l'alluvionnement (C. MOUREAUX et J. RIQUIER, 1951) et ont parfois sous la tourbe un relief très tourmenté (R. DIDIER DE ST-AMAND 1960). En surface, il existe parfois des horizons "flottants".

4.5.2 - SOLS MARÉCAGEUX (semi-tourbeux)

Ces sols se développent dans les zones où l'engorgement total n'est pas permanent ou bien à la suite d'un abaissement de la nappe après drainage (P.ROCHE, 1952 - R.DIDIER DE ST-AMAND 1959-1960). Ils ont été décrits dans la plupart des plaines et vallées alluviales des hauts-plateaux. Ce sont des sols humiques à gley, à anmoor acide, avec en général 10% de matière organique. Lors de la mise en rizières, la proportion d'humus décroît à la suite du drainage d'un sol tourbeux (P.ROCHE, 1951 - R.DIDIER DE ST-AMAND, 1959) (cf. également chapitre 3).

Dans des conditions plus locales, les sols humiques à gley concrétionnés et cuirassés ont été décrits en particulier sur alluvions fluvio-lacustres anciennes (J.HERVIEU, 1957 - J.BOSSER et J.HERVIEU, 1958). Dans ce cas, l'humification est assez bonne et l'humus formé se rapproche du type "moder".

Dans les sols marécageux cultivés depuis longtemps en rizières, le taux de matière organique peut descendre au-dessous de 10% (passage aux sols hydromorphes minéraux) et le rapport C/N est compris entre 10 et 20.

4.5.3 - SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX

Ces sols, analogues à ceux décrits dans la région perhumide, sont très fréquents dans les zones mal drainées et souvent également aménagés en rizières. Ils se répartissent d'après la topographie en sols de "Tanymanga" (à gley de surface ou d'ensemble) en sols à pseudo-gley (tachetés, plus rarement à concrétions) et en sols faiblement hydromorphes intermédiaires vers les sols peu évolués. Ces sols sont généralement acides et assez fortement désaturés, la texture est variable.

5 - RÉGION SUBHUMIDE A SEMI-ARIDE (Versant occidental)

5.1 - Sols minéraux bruts et peu évolués

Étant donné le déséquilibre morphoclimatique accentué qui règne dans cette région, les discontinuités dans l'écorce d'altération sont beaucoup plus nettes. Par conséquent, les sols bruts d'érosion seront plus fréquents, aussi bien sur roches cristallines que sur roches sédimentaires. Ils ont été souvent signalés sur gneiss, granites et quartzites.

Les sols squelettiques sont également très fréquents sur basaltes, grès, calcaires massifs ou marneux, argiles et marnes, par suite de l'agressivité climatique et de la dégradation du couvert végétal.

Les structures métamorphiques (reliefs pseudo-appalachiens, complexes intrusifs) sédimentaires (séries tabulaires isoclinales) ou volcaniques (coulées crétacées) conditionnent leur répartition.

Les paysages de "bad-land" sont fréquents. L'érosion des calcaires massifs est particulièrement spectaculaire ("karst" ou "tsingy").

Les sols d'apport fluvial prennent ici un développement maximum dans les basses vallées de la zone sédimentaire et les plaines de niveau de base. Leurs caractères sont liés au milieu de sédimentation et aux apports des bassins versants (J.HERVIEU, 1966). Les faciès à réaction acide sont fréquents dans le nord-ouest et l'extrême nord, tandis que dans l'ouest la réaction est neutre à modérément alcaline. Le degré de saturation de ces sols est moyen à élevé et les réserves minérales sont bonnes. Les types intermédiaires avec les sols hydromorphes sont moins différenciés que dans la zone humide. Les faciès calcimorphes sont peu fréquents sauf dans le sud-ouest et plus particulièrement dans les apports des cours d'eau secondaires à bassin versant peu étendu.

Les caractères texturaux, la succession des dépôts, la profondeur de la nappe phréatique, ont souvent été utilisés par de nombreux prospecteurs pour différencier les sols bruts et peu évolués dans la cartographie à grande échelle des zones alluviales (cf. Bibliographie).

Les sols d'apport éolien sont fréquents dans les zones côtières, mais rarement très étendus. En général, les sables dunaires actuels sont peu ou pas calcaires.

5.2 - Sols calco-magnésimorphes

5.2.1 - RENDZINES ET SOLS RENDZINOÏDES

Des rendzines grises ou noires ont été décrites sur les séries calcaires en particulier celles du Jurassique et de l'Eocène ou sur des matériaux basiques riches en carbonates (calcaires et basaltes).

On en observe dans l'extrême-nord (P.SEGALEN, 1956 a), dans la région de Mintsinjo (P.SEGALEN, 1956), dans le sud-ouest (J.HERVIEU, 1966).

Ces sols sont souvent peu épais et tendent fréquemment vers des types peu évolués ou lithiques, en particulier sur calcaires marneux ou marnes (sols brun-jaune sur marnes) (C.MOUREAUX et J.RIQUIER, 1953 - P.SEGALEN, 1956 b - C.MOUREAUX, 1956 - J.VIEILLEFON, 1961, 1963), plus rarement sur grès calcaire (J.BOSSER et J.RIQUIER, 1960) ou colluvions (J.KILIAN, 1964).

5.2.2 - RENDZINES A HORIZONS

Des sols bruns calcaires plus ou moins hydromorphes (taches et nodules) ont été signalés très localement sur matériaux originels remaniés (P.SEGALEN, 1956 a - J.HERVIEU, 1961, 1966 - F.BOURGEAT, 1964).

5.3 - Vertisols et paravertisols

5.3.1 - VERTISOLS ET SOLS A TENDANCE VERTIQUE TOPO-LITHOMORPHES

Ces sols, anciennement dénommés sols noirs tropicaux, se forment essentiellement sur matériaux alluviaux riches en montmorillonite, calciques ou carbonatés (P.SEGALEN, 1956 c - J.HERVIEU, 1966). Ils sont surtout fréquents dans le sud-ouest, en particulier dans les anciennes cuvettes de débordement fluviale. Ces sols conservent fréquemment des caractères de salure, au moins en profondeur. Les types largement structurés sont les plus fréquents (non grumosoliques) (J.HERVIEU, 1966).

5.3.2 - VERTISOLS ET SOLS A TENDANCE VERTIQUE LITHOMORPHES

Ces sols ont été signalés assez souvent sur marnes (Jurassique surtout) ou matériaux marneux remaniés (G.TERCINIER, 1952 c - P.SEGALEN, 1956 b) - J.VIEILLEFON, 1963), plus rarement sur matériaux calcaires ou basaltiques (P.SEGALEN, 1957 - J.VIEILLEFON, 1961). Ils occupent rarement des surfaces étendues.

Les structures fines dans les horizons de surface sont fréquentes (type grumosolique). La présence de gypse n'est pas rare (J.BOSSER et J.RIQUIER, 1960 - F.BOURGEAT, 1964).

5.4 - Sols à "mull"

Des sols bruns eutroques tropicaux à tendance sub-squelettique ont été observés sur matériaux volcaniques récents, mais dans les limites orientales de cette région, en particulier à l'ouest et au sud de la Montagne d'Ambre (P.SEGALEN, 1956 a - J.VIEILLEFON et F.BOURGEAT, 1965).

5.5 - Podzols et sols podzoliques

La présence de ce type de sols dans cette région est douteuse. Des migrations d'humus ont été observées dans des sols marécageux sur sables (P.SEGALEN et C.MOUREAUX, 1950) et des formations ferrugineuses dans des sables côtiers (P.SEGALEN, 1956 b).

5.6 - Sols à sesquioxydes

5.6.1 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

5.6.1.1 - Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés

Ces sols prennent dans cette région une très grande extension, en particulier sur roches et matériaux sédimentaires. Sur la bordure occidentale du massif ancien, la transition avec les sols faiblement ferrallitiques est très progressive et il est difficile de définir une limite précise.

Sols rouges

Ce sont les plus fréquents.

Ils ont été décrits sur roches métamorphiques acides ou basiques (P.SEGALEN, 1956 c - C.MOUREAUX, 1956 - J.VIEILLEFON, 1963 - J.HERVIEU, 1966) et surtout sur grès ou matériaux gréseux et sableux (carapace sableuse, alluvions anciennes, sables dunaires) souvent fortement remaniés (sols polycycliques) (P.SEGALEN et C.MOUREAUX, 1949, 1950 - J.RIQUIER, 1951 - C.MOUREAUX et J.RIQUIER, 1953 - C.MOUREAUX, 1956 - J.BOSSER et J.HERVIEU, 1957 - J.HERVIEU, 1960 - J.HERVIEU et J.D.RAKOTOMIHARO, 1961 - P.ROCHE, 1961 - J.VIEILLEFON 1961 - J.KILIAN, 1964 - J.HERVIEU, 1966).

Ces sols se sont également développés sur roches en place ou matériaux dérivés des séries de l'Isalo, du Crétacé continental, du Pliocène.

Sols rouges ou jaunes de décalcification

Sur calcaires ou matériaux grésocalcaires (Isalo, Jurassique, Eocène), on observe d'une manière plus locale des sols rouges ou jaunes de décalcification (P.SEGALEN et C.MOUREAUX, 1950 - C.MOUREAUX et J.RIQUIER, 1953 - P.SEGALEN, 1956 a et b). Ces sols, que l'on observe également en zone sèche (cf. Chapitre suivant) ont été classés à part par plusieurs auteurs, par analogie avec certains sols méditerranéens (P.SEGALEN et C.MOUREAUX, 1950 - J.HERVIEU, 1961). En effet, certains sols argileux ont les caractères des "terra rossa". Cependant, ces sols sont souvent moins profonds que les autres sols ferrugineux tropicaux de la région subhumide et la tendance lithique est fréquente.

Les sols rouges ferrugineux tropicaux de l'ouest ont une réaction faiblement acide à neutre, un complexe à pourcentage de saturation moyen ou élevé (sols de décalcification). La rubéfaction est le phénomène d'évolution.

Dans les horizons rubéfiés, qui ne sont plus ou faiblement calcaires, la kaolinite est le minéral dominant. Dans les matériaux originels des sols dérivés de roches cristallines, la kaolinite

est fréquemment associée à l'illite. Dans ceux des sols dérivés de roches sédimentaires, la montmorillonite est souvent présente en quantités importantes.

Sols rouge foncé à brun-rouge

Ces sols ont été observés sur basaltes crétacés, plus rarement sur roches éruptives basiques dans le nord-ouest (bassin de Majunga) et l'extrême-nord (P. SEGALEN, 1956 a et 1957 - C. MOUREAUX, 1956 - J. VIEILLEFON, 1963).

Sols jaunes

En dehors des sols formés sur matériaux calcaires, des sols jaunes ferrugineux ont été rarement signalés sur basaltes (P. SEGALEN, 1957). Ils sont plus fréquents sur matériaux gréseux remaniés ou colluviaux, dans les pentes ou les zones dépressionnaires, mais occupent souvent des surfaces réduites (J. BOSSER et J. HERVIEU, 1957).

La rubéfaction est également peu développée sur certains pédiments de la zone côtière, à matériaux originels fortement remaniés.

5.6.1.2 - Sols ferrugineux tropicaux plus ou moins lessivés à concrétions

Dans ces sols, la mobilisation du fer se fait rarement sur des distances importantes et les phénomènes d'hydromorphie, en particulier l'action des nappes temporaires, joue un rôle important dans le développement des horizons concrétionnés.

Des sols lessivés typiques, à horizon "blanchi" (gris sur rouge) ont été décrits sur les séries gréseuses de l'Ankarafantsika (région de Marovoay), sous végétation forestière tropophile (G. TERCINIER, 1952 - C. MOUREAUX, 1956).

Par érosion, ces sols donnent des sols rouges (C. MOUREAUX, 1956 - P. SEGALEN, 1956 c - J. BOSSER et J. RIQUIER, 1960 - F. BOURGEAT, 1964).

Dans les autres sols, le lessivage de l'argile et du fer est plus ou moins net mais le concrétionnement est parfois très développé. Dans le massif ancien, des sols à horizon concrétionné ont été décrits sur gneiss (J. HERVIEU, 1963), parfois sur alluvions anciennes (J. VIEILLEFON, 1959 a et b). Mais là encore, la limite avec les sols faiblement ferrallitiques est imprécise. On peut observer également des survivances dans les phénomènes d'altération et une évolution complexe (J. HERVIEU, 1963).

Ces sols sont également fréquents dans les bassins sédimentaires sur grès et carapace sableuse (C. MOUREAUX, 1953 - P. SEGALEN, 1956 c - R. DIDIER DE ST-AMAND, 1957 a - J. VIEILLEFON, 1961 - J. HERVIEU, 1966).

L'hydromorphie est parfois très ancienne (J. VIEILLEFON, 1961 - J. HERVIEU, 1963, 1966) et liée à des surfaces d'aplanissement structurales ou d'épandage. Le cuirassement, toujours d'étendue restreinte, n'a souvent lieu qu'après mise à l'affleurement par l'érosion des horizons à concrétions. Le lessivage n'a pas été constaté sur les sols ferrugineux dérivant de basaltes (P. SEGALEN, 1957).

Notons enfin la présence de sols profonds ferrugineux tropicaux à faiblement ferrallitiques, plus ou moins lessivés, sur le dôme cristallin de Bekodoka (fenêtre dans la couverture sédimentaire) (J. HERVIEU, 1963 b).

5.6.2 - SOLS FERRALLITIQUES

En principe, dans cette région pédogénétique, les sols ferrallitiques typiques et faiblement ferrallitiques sont peu fréquents.

Des sols rouges ferrallitiques sur granites et schistes cristallins, brun-rouge sur basaltes, analogues à ceux de la région centrale humide, peuvent être observés dans les zones intermédiaires entre les deux régions, en particulier au nord-ouest où la transition climatique et topographique est rapide, ainsi que sur la périphérie des régions d'altitude jouxtant la région subhumide (Montagne d'Ambre).

Dans l'ouest et le nord-ouest, des sols rouges faiblement ferrallitiques ont été également observés sur les séries sédimentaires les plus proches du socle ancien : Sakamena et Isalo. Ils ont été décrits entre autres sur grès (P.SEGALEN, 1956 b et c - J.VIEILLEFON et F.BOURGEAT, 1965), plus rarement sur schistes (J.HERVIEU, 1966).

Dans la région subhumide proprement dite, des sols rouges ferrallitiques typiques, à individualisation nette d'alumine, ont cependant été observés sur basaltes crétacés d'une part, à l'ouest de Maintirano (J.HERVIEU, 1963 b) et dans le sud-ouest à l'Anavelona (P.SEGALEN, 1957) sur calcaires éocènes d'autre part, aux environs de Majunga et d'Antonibe (P.SEGALEN, 1956 b et c - J.VIEILLEFON, 1961 - R.MAIGNIEN *in* J.HERVIEU, 1966).

Ces sols ferrallitiques sur calcaires présentent également certaines analogies avec les sols méditerranéens (J.RIQUIER, 1959 - J.VIEILLEFON, 1961), ils sont peu désaturés, mais outre la présence de gibbsite, la kaolinite constitue la quasi-totalité de la fraction argileuse.

En ce qui concerne les sols sur basaltes crétacés, dans l'ouest, leur grande épaisseur, inhabituelle dans cette région, et leurs caractères, laissent supposer une évolution très ancienne et, peut-être, des actions paléo-climatiques (J.HERVIEU, 1963 b).

5.7 - Sols halomorphes

Dans la zone subhumide occidentale, l'origine des sels est marine, dans la très grande majorité des cas. La salure, d'origine géologique, est exceptionnelle.

Par conséquent, les sols halomorphes seront surtout fréquents dans les basses plaines alluviales côtières où la présence des sels est liée à l'action et aux oscillations des nappes fluvio-marines.

5.7.1 - SOLS SALINS

Ces sols sont observés surtout dans les dépôts récents à oscillations importantes de la nappe (J.HERVIEU, 1966). Ils sont souvent faiblement hydromorphes. Le chlorure de sodium domine le plus souvent. Ces sols ont été décrits dans les basses plaines du Mangoky, de la Tsiribihina, de la Mahavavy du sud, de la Betsiboka (P.SEGALEN, 1956 b - J.HERVIEU, 1966). Les encroûtements superficiels sont peu fréquents.

Des sols faiblement salés ont été observés dans le massif ancien, aux environs d'Ihoso (plaine de la Ménaraha), sur alluvions anciennes (J.RIQUIER, 1951 - J.VIEILLEFON, 1960 b).

Des sols salins ont également été notés localement sur alluvions récentes de la basse vallée du Mangoky (J.HERVIEU, 1966) et sur alluvions récentes de la basse vallée du Kamoro (F.BOURGEAT 1964).

5.7.2 - SOLS SALÉS A ALCALIS NON LESSIVÉS

Ces sols sont les plus fréquents, en particulier dans les secteurs intermédiaires du milieu fluvio-marin (J.HERVIEU, 1966).

Leur complexe absorbant est richement pourvu en sodium. Ils ont été décrits dans la plupart des plaines côtières du versant occidental (P.ROCHE, 1952 - C.MOUREAUX et J.RIQUIER, 1953 - R.DIDIER DE ST-AMAND, 1957 b - J.HERVIEU, 1960, 1966 - J.VIEILLEFON, 1960 a, 1961 - J.DURAND, 1964 - J.VIEILLEFON et F.BOURGEAT, 1965).

Ces sols présentent fréquemment des structures poudreuses en surface et on observe souvent un gley profond. Dans les zones alluviales stabilisées, par lessivage des sels en saison des pluies et assèchement prolongé en saison sèche, le sol évolue vers le type peu salé, au moins en surface, ou

le type vertique. Cette évolution est également liée aux changements de composition ionique des eaux de nappe (J. HERVIEU, 1966). Les dépôts de gypse sont fréquents mais disséminés ; l'acidification secondaire par oxydation des composés du soufre y est plutôt rare.

Les sols à alcalis lessivés ou à argiles dégradées n'ont pas été reconnus à Madagascar.

5.8 - Sols hydromorphes

Les sols hydromorphes organiques à accumulation tourbeuse, sont exceptionnels dans cette région.

5.8.1 - SOLS MARÉCAGEUX (semi-tourbeux)

Ces sols moyennement organiques, sont assez fréquents dans les cuvettes et dépressions marginales à drainage empêché par le remblaiement alluvial récent. Ils se développent en conditions d'engorgement prolongées ou quasi-permanentes, sous une végétation à *Typha* dominant. La présence d'un gley très développé et souvent argileux est quasi-générale.

Les taux de matière organique excèdent rarement 15 % et varient en moyenne entre 7 et 10 %. L'épaisseur des horizons organiques peut dépasser le mètre. La réaction, acide dans les sols du nord et du nord-ouest, devient alcaline dans l'ouest et le sud-ouest, en même temps qu'augmentent les teneurs en sels.

Le sous-groupe salé est le plus répandu et l'acidification secondaire (sols à sulfures et à sulfates) est fréquente (J. HERVIEU, 1966).

5.8.2 - SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX OU PEU HUMIFÈRES

5.8.2.1 - Sols hydromorphes peu humifères à gley (sols de "Tanymanga")

Ces types de sols, surtout ceux du sous-groupe à gley salé, sont particulièrement étendus dans les dépressions marginales des basses vallées, dans les secteurs intermédiaires du milieu fluvio-marin, dans les surfaces de décantation plio-quadernaires peu touchées par les dépôts très récents (Basse-Betsiboka - Basse-Tsiribihina). Ces sols sont asséchés en surface une partie de l'année, mais il existe une nappe permanente à faible ou moyenne profondeur.

Les teneurs en matière organique ne dépassent pas 5 à 6 %, l'humification est souvent médiocre. Comme pour les sols marécageux, la tendance à l'acidité est nette dans les régions plus humides du nord et du nord-ouest (dépôts alluviaux riches en kaolinite). L'acidification secondaire par oxydation des composés du soufre est assez fréquemment observée.

Ces sols ont été reconnus dans presque toutes les plaines alluviales côtières et les basses vallées de la zone sédimentaire : Bas-Mangoky (J. HERVIEU, 1966), Morondava (J. HERVIEU, 1960), Tsiribihina, Manambolo, Maintirano, Besalampy, Soalala, Betsiboka, Mahajamba (P. SEGALEN, 1956 a,b,c,d - J. BOSSER et J. HERVIEU, 1957 - J. VIEILLEFON, 1960 a, 1963 - J. BOSSER et J. RIQUIER, 1960 et J. HERVIEU, 1966).

Aux sols hydromorphes minéraux à gley salé, doivent être rattachés, dans la majorité des cas, les sols de mangrove (J. HERVIEU, 1966), exception faite pour les dépôts très récents où ne s'est pas encore implantée la forêt de palétuviers. Ces sols de mangrove occupent de grandes étendues sur la côte ouest, en particulier dans les plaines en progression : Bas-Mangoky, Tsiribihina, Sambao, Mahavavy du Sud, Betsiboka, Mahajamba, Sofia, Sambirano, Mahavavy du nord.

Ces vasières littorales sont généralement pauvres en matière organique et riches en hydroxydes de fer. L'acidification secondaire y est peu fréquente.

D'une manière générale, les sols hydromorphes et halomorphes se développent surtout sur matériaux alluviaux, ont une fraction argileuse qui reflète les apports des bassins versants (J.HERVIEU, 1966), avec une dominance de montmorillonite dans l'ouest, de kaolinite dans le nord-ouest (héritage prédominant).

5.8.2.2 - Sols hydromorphes peu humifères à pseudo-gley (sols tachetés)

Ces sols sont soumis à un engorgement temporaire et se développent sur des dépôts alluviaux assez récents, à texture plutôt sableuse, avec de fortes oscillations de la nappe et une inondation temporaire.

Le type salé est assez fréquent, l'acidité moyenne à faible est normale dans le nord-ouest et la réaction devient neutre ou alcaline dans l'ouest ou le sud-ouest. L'oxydation des sulfures est rare. Ces sols sont souvent pauvres en matière organique et sont parfois un peu concrétionnés. Ils ont été décrits dans l'ouest : Plaine de Morondava (J.HERVIEU, 1960), du Manambolo (J.HERVIEU, 1966), mais surtout dans les Plaines du nord-ouest et de l'extrême-nord (P.SEGALEN, 1956 b, c, d - J.BOSSER et J.HERVIEU, 1957 - J.VIEILLEFON, 1960, 1963 - F.BOURGEAT, 1964). Ils ont été notés localement sur la bordure occidentale du socle, généralement sur alluvions assez anciennes (J.VIEILLEFON, 1959 a et b).

6 - RÉGION SÈCHE (sud-ouest et extrême-sud)

6.1 - Sols minéraux bruts et peu évolués

Les lithosols d'érosion sont particulièrement fréquents dans cette région. On les observe sur roches gneissiques du socle, sur calcaires éocènes ou croûtes calcaires quaternaires, sur grès continentaux, argiles et marnes néogènes.

Sur rhyolites et basaltes crétacés, la sécheresse prolongée et la dégradation du couvert végétal sont particulièrement favorables au maintien de ces sols squelettiques (J.RIQUIER, 1951 - J.HERVIEU, 1955, 1958, 1959 b - J.HERVIEU et J.RIQUIER, 1959).

Les croûtes calcaires sont le plus souvent des formations anciennes (croûtes de nappe dans les grès calcaires quaternaires). Des croûtes d'évaporation récentes ont été observées sur calcaires éocènes et sur les séries métamorphiques calco-alcalines (J.RIQUIER, 1951 - J.HERVIEU, 1958). Des cuirasses ferrugineuses anciennes surmontent localement les sédiments néogènes.

Dans la région côtière, les sols d'apport éolien prennent une assez grande extension (dunes fixées ou vives). Les dunes anciennes sont localement légèrement rubéfiées et plus ou moins décarbonatées en surface (J.HERVIEU, 1958, 1959 a). Elles viennent en recouvrement sur la série dunaire quaternaire très rubéfiée.

Les sols d'apport fluviatile occupent des surfaces importantes dans les basses vallées de l'Onilahy, du Mandraré (J.RIQUIER, 1951 - J.HERVIEU, 1955 - J.HERVIEU et J.RIQUIER, 1959), de la Menarandra (C.MOUREAUX *et al.*, 1952), dans la plaine deltaïque du Fiherenana (Tuléar) (R.DIDIER DE ST-AMAND et S.GOARIN, 1955 - J.BOSSER et J.HERVIEU, 1958 - P.GRAFFIN, 1964). Ces surfaces sont beaucoup plus restreintes dans les bas cours du Manambovo et de la Linta (J.HERVIEU, 1959 b).

Ces sols alluviaux ont fréquemment un faciès calcimorphe, une réaction neutre à modérément alcaline, des teneurs en matière organique assez élevées lorsque la texture est fine, surtout sous forêt d'alluvions à types tropophytes (*Tamarindus* et *Dalbergia*).

Les sols colluviaux peu évolués sont observés en contre-bas des reliefs calcaires ou gréseux, sur les pentes des basses vallées. Enfin, des sables d'origine complexe (sables dunaire remaniés) ont subi une évolution hydromorphe ancienne. Ces sables blancs (type Beloha) ont donné naissance

à des sols peu évolués à horizon humifère plus ou moins marqué. Ils sont localement soumis à un engorgement temporaire (J. HERVIEU, 1959 b).

6.2 - Sols calco-magnésimorphes

Des sols à caractères rendzinoïdes mais souvent à tendance subsquelettique ont été signalés sur amphibolites ou calcaires sableux quaternaires (J. HERVIEU, 1958, 1959 b).

6.3 - Vertisols et paravertisols

Des sols noirs plus ou moins hydromorphes, à caractères vertiques et généralement grumoso-liques, peuvent être observés très localement sur matériaux calcaires ou basaltiques remaniés ou sur alluvions fines stabilisées (vertisols topo-lithomorphes).

6.4 - Sols Iso-humiques (ou STEPPIQUES)

La présence de sols isohumiques à complexe saturé, évoluant sous un pédoclimat chaud pendant la saison des pluies (sols bruns subarides), sur matériaux calcaires remaniés ou séries métamorphiques calco-alkalines, est probable. Mais, dans cette région et dans les zones de transition avec la région subhumide, la distinction avec les sols ferrugineux tropicaux humifères est délicate.

6.5 - Sols à sesquioxydes

6.5.1 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

6.5.1.1 - Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés

Les sols rouges sont observés soit sur roches-mères en place (schistes cristallins ou grès continentaux), soit sur matériaux remaniés polygéniques (alluvions anciennes, nappes d'épandage) (J. RIQUIER, 1951 - J. HERVIEU, 1958, 1959 b).

Ces sols sont généralement peu profonds sur roches en place, polyphasés sur matériaux remaniés. Leur réaction est faiblement acide, la fraction sableuse importante (60 à 80 %). Les phases humifères sont caractéristiques des pentes de thalwegs et des dépressions.

Les sols jaunes caractérisent les matériaux sédimentaires remaniés (glacis néogène).

6.5.1.2 - Sols rouges et jaunes de décalcification (pseudo-méditerranéens)

Les sols rouges sont les plus fréquents et ont une grande extension dans la région côtière. Ils se sont surtout développés sur grès calcaires d'origine dunaire : ce sont les "sables roux" typiques (J. HERVIEU, 1959 a).

La rubéfaction est très poussée, le lessivage du calcaire est complet et la formation de croûtes ou de nodules dans le matériau originel a été observée dans plusieurs cas (J. BOSSER et J. HERVIEU, 1958). Il n'y a pas de lessivage sensible du fer et de l'argile. La texture est très sableuse, le taux d'argile souvent inférieur à 10 % et la kaolinite est seule présente. Malgré certaines

convergences, ces sols par leurs caractères et le climat actuel diffèrent des sols formés en région méditerranéenne semi-humide. Par ailleurs, la rubéfaction profonde et intense de cette série paraît peu compatible avec les conditions sèches actuelles.

Compte-tenu des remaniements postérieurs à l'évolution, il s'agit probablement de paléosols (J. HERVIEU, 1959 b - R. BATTISTINI, 1964).

Les sols rouges de dolines ou lithiques, sur calcaires éocènes, ressemblent davantage à la "terra rossa" mais ont une faible extension et sont très sporadiques.

Les sols jaunes sont moins fréquents : on les observe sur matériaux dunaires remaniés, en particulier au voisinage des dépressions de sables blancs.

6.6 - Sols hydromorphes et halomorphes

Des sols salins, ou salés à alcalis, souvent à encroûtement superficiel, sont observés dans les apports récents fluviaux de la zone littorale, près du lac Anony, à l'embouchure de la Menandra, dans le delta du Fiherenana.

A l'exception de la zone post-littorale, les phénomènes d'hydromorphie sont peu développés. Les sols hydromorphes organiques sont exceptionnels (marais maritime de Tuléar). Les sols de mangrove sont peu étendus (delta du Fiherenana, estuaire de l'Onilahy).

CONCLUSION

Les lithosols et les sols peu évolués d'érosion sont plus fréquents sur les hauts-plateaux, le versant occidental et, surtout, dans l'extrême-sud.

Dans les sols d'apport (sols alluviaux), les modalités de dépôt du matériau originel jouent un grand rôle. Ces sols diffèrent en particulier par la nature minéralogique des matériaux fournis par les bassins versants et par le degré de saturation du complexe absorbant. Ils sont beaucoup plus étendus dans l'ouest de l'île.

Les sols rendziniiformes sont peu étendus et souvent à tendance squelettique (séries calcaires sédimentaires).

La formation de sols à caractères vertiques est favorisée localement, en climat à saison sèche marquée (versant occidental et basses plaines côtières), par la nature marneuse de certains matériaux originels ou par les teneurs élevées en argiles montmorillonitiques de certains dépôts alluviaux, dans des zones à drainage déficient. Les caractères de salure sont fréquents.

Les sols bruns eutrophes sont très localisés et se forment essentiellement sur cendres volcaniques basiques.

Les sols à caractères podzoliques sont peu fréquents (versant oriental) et se forment uniquement sur roche-mère sableuse et quartzreuse très pauvre.

Les sols ferrugineux tropicaux sont beaucoup plus étendus sur roches et matériaux sédimentaires que sur schistes cristallins et roches éruptives ou volcaniques. De ce fait, leur texture est souvent sableuse. Le concrétionnement de ces sols est fréquemment en relation avec l'action d'une nappe temporaire.

Les sols ferrallitiques se sont développés sur la plus grande partie du socle ancien métamorphique. Les épaisseurs d'altération sont souvent considérables. L'individualisation d'hydroxydes d'alumine est surtout bien développée sur le versant oriental de l'île. L'induration de ces sols est

locale et liée le plus souvent à des conditions géomorphologiques particulières (anciennes surfaces d'érosion). L'altitude et la nature volcanique basique de la roche-mère provoquent une évolution caractéristique (sols ferrallitiques humifères).

Les sols halomorphes sont fréquents dans les basses plaines côtières occidentales et liés généralement au milieu fluvio-marin.

Les sols hydromorphes occupent des surfaces importantes dans certaines dépressions tectoniques des hauts-plateaux et dans la plupart des plaines alluviales de toutes les régions de l'île, sauf dans l'extrême-sud. L'accumulation de matière organique et les caractères de ces sols sont en liaison étroite avec la morphologie du réseau de drainage naturel.

Du point de vue de l'étude des sols, Madagascar présente donc un grand intérêt géographique. On y voit réunies, sur une superficie relativement restreinte à l'échelle du globe, des conditions de pédogénèse extrêmement variées en milieu tropical sec et humide.

Si le climat différencie les principales régions géographiques de sols et est un facteur très important d'évolution pédogénétique, c'est aussi un agent d'érosion très efficace. Nous avons vu que les autres facteurs de pédogénèse avaient généralement un degré de régionalité moins élevé et un rôle variable selon les groupes de sols. Cependant, on a probablement jusqu'à ces dernières années sous-estimé l'importance des données géomorphologiques propres à la Grande Ile. En effet, alors que les études d'inventaire et leurs conséquences pour l'exploitation des sols peuvent être considérées comme bien avancées, les études régionales, synthétisant l'histoire du relief et des sols dans des unités morphoclimatiques caractéristiques, lithologiques ou structurales, sont encore très peu nombreuses.

Du fait même de la variété des conditions morphoclimatiques de l'île et des transitions rapides entre les différentes régions pédologiques, ces études sont indispensables pour retracer l'histoire des sols malgaches, étudier leurs relations réciproques, et faire la part des anciens cycles d'évolution dans leur formation.

Ainsi, croyons-nous, peut-on espérer expliquer d'une manière plus complète l'ensemble de leurs caractères morphologiques et physico-chimiques, et faire de la géographie des sols une géographie dynamique encore plus vivante.

BIBLIOGRAPHIE

N.B. - Nous avons tenté de donner une Bibliographie aussi complète que possible des travaux récents concernant les facteurs de pédogénèse, la classification et la géographie des sols malgaches. Cependant, nous avons volontairement négligé un certain nombre de travaux anciens et des publications ronéotypées ou des notes inédites ayant trait essentiellement à des problèmes d'utilisation ou de conservation des sols, ainsi que des études agrologiques particulières. Que les auteurs veuillent bien nous en excuser.

1 - Références d'ordre général ou synthétique (Facteurs de formation des sols, pédogénèse et classification des sols)

AUBERT (G.) - 1963 - La classification des sols. La classification pédologique française. *Calh. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol., n°3, p.1-7.*

BASSE (E.) - 1949 - Histoire géologique de Madagascar. *Mém.I.R.S.M., sér.D, t.1, p.53-68.*

- BATTISTINI (R.) - 1963 - Les tampoketsa de la région centrale de Madagascar d'après G.HOTTIN. Madagascar. *Rev. de Géographie*, n°2, Notes et comptes-rendus, p.95-99.
- BATTISTINI (R.) - 1964 - L'Extrême-Sud de Madagascar. Etude géomorphologique. Thèse Lettres. *Etudes Malgaches*, n°10, 11, 636 p.
- BESAIRIE (H.) - 1949 - Essai d'une carte des sols de Madagascar. Notice explicative. *Trav. Bur. Géol.*, n° 5, 12 p.
- BESAIRIE (H.) - 1954 - Documents pour la géographie de Madagascar. *Trav. Bur. Géol.*, n° 54, Tananarive, 275 p.
- BESAIRIE (H.) - 1960 - *Monographie géologique de Madagascar* Serv. Géol. Tananarive, 166 p.
- BIROT (P.) - 1963 - Contribution à l'étude morphologique des plateaux du centre de Madagascar. Madagascar, *Rev. Géographie*, n° 3, p.1-39.
- BOSSER (J.) - 1954 - Les pâturages naturels de Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.V, p.65-77.
- BOURGEAT (F.), HERVIEU (J.), RIQUIER (J.) - 1964 - Présentation de quelques profils de sols ferrallitiques. Etude du milieu pédogénétique dans les environs de Tananarive. Colloque U.N.E.S.C.O. sur les latérites. I.R.S.M., Tananarive, 87 p., multigr.
- BOURGEAT (F.), PETIT (M.) - 1965 - Les lavaka malgaches : un agent naturel d'évolution des versants. *Bull. Ass. Géogr. fr.*, mars-avril, n°332-333, p.29-33.
- BRENON (P.) - 1953 - Essai sur la morphologie de quelques reliefs latéritiques. *Bull. Acad. Malg.*, T.XXX (1951-1952), p.171-175.
- BUNTING (B.T.) - 1965 - *The Geography of Soil*. Aldine Publ. Co, Chicago, 213 p.
- Bureau Géologique de Tananarive - 1952 - Contribution à l'étude de l'érosion des sols à Madagascar. Doc. Bur. Géol., n°46, Tananarive, 44 p., multigr.
- D'HOORE (J.L.) - 1964 - *La carte des sols d'Afrique au 1/5 000 000*. Mémoire explicatif. CCTA, Publ. n°93, Lagos, 209 p.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1960 - Evolution pédologique consécutive au drainage des sols hydromorphes à Madagascar. Congrès de Madrid pour les irrigations. I.R.A.M. Tananarive 40 p., multigr.
- DIXEY (F.) - 1956 - Observations sur les surfaces d'érosion à Madagascar. *C.R. Acad. Sc.*, t.247, p.944-947.
- DRESCH (J.) - 1962 - Sur quelques aspects régionaux du relief à Madagascar. *Bull. Ass. Géogr. fr.*, nov.-déc., n°309-310, p.236-251.
- DUCHAUFOR (P.) - 1965 - *Précis de Pédologie*. 2ème éd., Masson, Paris, 481 p.
- DUVERGER (P.) - 1947 - L'indice d'aridité à Madagascar. Publ. Serv. Météor. de Madagascar, n°18, Tananarive, 44 p., multigr.
- ERHART (H.) - 1926 - *L'influence de l'origine géologique et des facteurs extérieurs sur la formation et la valeur culturale des terres latéritiques de l'est de Madagascar*. Thèse Sciences, Larose, Paris, 112 p.
- ERHART (H.) - 1935 - *Traité de Pédologie*. Institut de Pédologie du Bas-Rhin, Strasbourg, 2 tomes, 260 p.
- GUILCHER (A.) - 1961 - *Madagascar, Géographie régionale*. C.D.U., Paris, 134 p.
- HERVIEU (J.) - 1961 - Profils-types de sols malgaches (inventaire provisoire). O.R.S.T.O.M. - I.R.S.M., Tananarive, 106 p., multigr.
- HERVIEU (J.) - 1963 a - Sur l'altération des basaltes crétacés dans l'ouest de Madagascar. *Bull. A.F.E.S.*, n° 1, p.59-72.
- HERVIEU (J.) - 1963 b - Les plaines de la Zomandao et de Ranotsara. Recherches sur l'aménagement du relief dans le cadre d'unités géomorphologiques. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Pédol., n°3, p.73-114.

- HERVIEU (J.) - 1966 - Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical. Les facteurs de la sédimentation continentale, les produits de l'érosion, les sols alluviaux sur le versant occidental de Madagascar. Thèse Sciences, O.R.S.T.O.M., Paris, 521 p., multigr.
- HUMBERT (H.) - 1927 - La destruction d'une flore insulaire par le feu : principaux aspects de la végétation à Madagascar. *Mém. Acad. Malg.*, fasc. V, 79 p.
- HUMBERT (H.) - 1949 - La dégradation des sols à Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. I, fasc. 1, p. 32-52.
- HUMBERT (H.) - 1954 - Les territoires phytogéographiques de Madagascar. Leur cartographie. in Les Divisions écologiques du Monde. *Coll. intern. C.N.R.S.*, LIX, Paris, p. 317-334.
- LACROIX (A.) - 1923 - *Minéralogie de Madagascar*. Soc. Ed. Géogr. Mar. et Col., Paris, 3 t., 624 + 694 + 450 p.
- MOUREAUX (C.), TERCINIER (G.) - 1953 - Carte des valeurs du coefficient de Meyer à Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. V, p. 197-201.
- MOUREAUX (C.), RIQUIER (J.), ROCHE (P.) - 1959 - Les sols à canne à sucre de Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. IX, p. 91-108.
- PERNET (R.) - 1951 - Bibliographie pédo-agronomique et répartition des types de sols de Madagascar. (1884-1946). *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. III, p. 293-349.
- PERNET (R.) - 1953 - Influence de la végétation sur l'évolution organique des sols gneissiques et basaltiques. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. V, p. 251-286.
- PERNET (R.) - 1954 - Evolution des sols de Madagascar sous l'influence de la végétation. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. VI, p. 201-419.
- PERRIER DE LA BATHIE (H.) - 1921 - La végétation malgache. *Ann. Mus. Colon. Marseille*, 3ème sér., vol. 9, 268 p.
- RAVET (J.) - 1952 - Notice sur la climatologie de Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. IV, fasc. 1, p. 1-36.
- RIQUIER (J.) - 1951 - Essai de classification des sols latéritiques de Madagascar selon la topographie. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. III, fasc. 1, p. 87-100.
- RIQUIER (J.) - 1954 - Etude sur les lavaka. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. VI, p. 169-189.
- RIQUIER (J.) - 1957 - Latérite et latéritisation à Madagascar. *3ème Congrès PIOA, Impr. nat. Tananarive*, sect. D, p. 27-32.
- RIQUIER (J.) - 1958 - Note sur l'évapotranspiration et le bilan hydrique des sols. *Le Naturaliste malg.*, t. X, fasc. 1-2, p. 1-8.
- RIQUIER (J.) - 1959 - Le bilan hydrique des sols calculé d'après les données météorologiques courantes. *Serv. Géol.*, A 1507, Tananarive, 113 p., multigr.
- RIQUIER (J.), MOUREAUX (C.) - 1957 - Les sols malgaches : pédologie et types principaux. *3ème Congrès PIOA, Impr. nat. Tananarive*, sect. D, p. 5-12.
- ROBEQUAIN (C.) - 1958 - *Madagascar et les bases dispersées de l'Union française*. Coll. Pays d'O.M., PUF, Paris, 586 p.
- ROCHE (P.), RIQUIER (J.), HERVIEU (J.), MOUREAUX (C.), DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1959 - Les sols à riz et leurs problèmes à Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. IX, p. 75-90.
- ROUGERIE (G.) - 1965 - Les lavaka dans l'évolution des versants à Madagascar. *Bull. Ass. Géogr. fr.*, mars-avril, n° 332-333, p. 15-28.
- SEGALEN (P.) - 1948 - L'érosion des sols à Madagascar. *Conf. Inter-afric. Sols, 1-1948, Goma*, p. 1127-1137.
- SEGALEN (P.) - 1957 - Etude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t. VIII, p. 1-182.

2 - Région perhumide (versant oriental - Sambirano)

- BOURGEAT (F.) - 1964 - Etude de la basse plaine de la Manambato. Centre O.R.S.T.O.M. de Tananarive, 60 p., multigr.
- BOURGEAT (F.), HERVIEU (J.), RIQUIER (J.) - 1964 - Présentation de quelques profils de sols ferrallitiques. Etude du milieu pédogénétique dans les environs de Tananarive. Colloque U.N.E.S.C.O. sur les latérites, I.R.S.M., Tananarive, 87 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1955 a - Les sols cultivés en vanille aux environs immédiats d'Antalaha. Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., p.147-184, multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1955 b - Les sols de la plaine de l'Iazafo. Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., annexe II, p.196-214, multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1956 - Contribution à l'étude des sols de la cuvette d'Andapa. Recherche agron. de Madagascar, Stat. Lac Alaotra, 18 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1959 a - Etude pédologique de la concession d'Ambodiriana en vue de la culture du thé (district de Moramanga). O.R.S.T.O.M.,-I.R.A.M., Tananarive, 40 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1959 b - Evolution pédologique consécutive au drainage des sols hydromorphes à Madagascar. O.R.S.T.O.M.-I.R.A.M., Tananarive, 31 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1960 - Aptitude à la culture du cocotier des sols s'étendant de Fénérive à Foulpointe. O.R.S.T.O.M.-I.R.A.M., Tananarive, 10 p., multigr.
- HERVIEU (J.) - 1959 - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 10. Etude et possibilités de mise en valeur des sols de la plaine d'Anosibé (circonscription de Fort-Dauphin).* I.R.S.M. Tananarive, 38 p.
- HERVIEU (J.) - 1960 a - *Notice sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n°33 : Brickaville-Moramanga.* I.R.S.M., Tananarive, 69 p.
- HERVIEU (J.) - 1960 b - *Notice sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n°65 : Fort-Dauphin.* I.R.S.M., Tananarive, 51 p.
- KILIAN (J.), RANDRIAMAMONJIZAKA (J.L.) - 1965 - Etude pédologique de la plaine du Bas-Faraony (sous-préfecture de Manakara). I.R.A.M., Tananarive, 36 p., multigr.
- MOUREAUX (C.) - 1956 - Les marais d'Ambila près Manakara. *Mém.I.R.S.M.*, sér. D, t.VII, p.1-22.
- MOUREAUX (C.), RIQUIER (J.), ROCHE (P.) - 1959 - Les sols à canne à sucre à Madagascar - *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.IX, p.91-108.
- RIQUIER (J.) - 1951 a - Les sols du périmètre forestier d'Ambila-Lemaitso. *Mém.I.R.S.M.*, sér.D, t.III, p.127-137.
- RIQUIER (J.) - 1951 b - Les sols de la Concession Les Mimosas. *Mém.I.R.S.M.*, sér. D, t.III, p.137-146.
- RIQUIER (J.) - 1951 c - Etude des sols du périmètre forestier d'Ampamaherana (Région de Fianarantsoa). *Mém.I.R.S.M.*, sér. D, t.III, p.147-163.
- RIQUIER (J.) - 1953 - Etude d'un sol de Tavy et d'un sol de forêt primaire à Périnet. *Mém.I.R.S.M.*, sér.D, t.III, p.75-83.
- RIQUIER (J.) - 1961 a - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 16. Plaine d'Anosivelo.* Publ. I.R.S.M., Tananarive, 42 p.
- RIQUIER (J.) - 1961 b - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 17. Les sols de la plaine de Vohipeno.* I.R.S.M., Tananarive, 34 p.

- RIQUIER (J.), RATASILAHY (R.) - 1960 - Les sols de la Station agronomique d'Illaka. I.R.A.M., Tananarive, 28 p., multigr.
- ROCHE (P.) - 1955 a - Prospection pédologique de la région de Ranomafana (district de Fort-Dauphin) Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., annexe 1, p.26-43.
- ROCHE (P.) - 1955 b - Analyse des sols provenant de la Concession de la Grande Ile à Périnet. Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., annexe 1, p.95-100.
- SEGALEN (P.) - 1954 - Etude pédologique de la région d'Antalaha. in G. BOURIQUET : Le vanillier et la vanille dans le monde. *Encycl. biol.*, XLVI, P. Lechevalier, Paris, p.351-363.
- SEGALEN (P.) - 1956 - Etude des sols de la plaine du Bas-Sambirano. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VII, p.317-374.
- SEGALEN (P.) - 1957 - Etude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VIII, p.1-182.
- TERCINIER (G.) - 1953 - Rapport sur les sols de la plaine du Haut-Sambirano, région de Bemanevika. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.V, p.197-228.
- VIEILLEFON (J.) - 1961 - Notice sur la carte de reconnaissance au 1/50 000. Les sols de l'île Sainte Marie. I.R.S.M., Tananarive, 50 p.
- VIEILLEFON (J.), BOURGEAT (F.) - 1964 - Notice explicative. Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/50 000. 21. Feuille de Nosy-Bé. O.R.S.T.O.M., Paris, 74 p.

3 - Région humide et régions d'altitude (Hauts-Plateaux centraux)

- BOSSER (J.), ROCHE (P.) - 1956 - Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 1. Feuille d'Andilamena. I.R.S.M., Tananarive, 24 p.
- BOSSER (J.), HERVIEU (J.) - 1958 - Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 4. Vallée de l'Onive. I.R.S.M., Tananarive, 43 p.
- BOURGEAT (F.), HERVIEU (J.), RIQUIER (J.) - 1964 - Présentation de quelques profils de sols ferrallitiques. Etude du milieu pédogénétique dans les environs de Tananarive. Colloque U.N.E.S.C.O. sur les latérites, Tananarive. I.R.S.M., 87 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1954 - Etude des sols de la région d'Ambatomanoina. Rapp.inéd., 54 p.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1955 a - Pédologie de la basse vallée de l'Andromba. Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., Annexe II, p.113-135, multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1955 b - Prospection pédologique effectuée sur le plateau d'Ambohimiarivo-Antsirabé. Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., Annexe II, p.136-146, multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1955 c - Les sols de la propriété de Mampiteny. II. Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., Annexe II, p.215-224, multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1955 d - Pédologie de la Plaine de Fisakana. Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., Annexe II, p.225-251, multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1956 a - Pédologie des vallées de Miarinarivo-Antombofito, Antsomitoty et d'Angodogodona. Serv. de la Recherche agron. Stat. agron. Lac Alaotra, 24 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1956 b - Les sols du marais de Tangaina. Serv. de la Recherche agron. Stat. agron. Lac Alaotra, 15 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1956 c - Etude pédologique de la plaine de Firavahana. Serv. de la Recherche agron. Stat. agron. Lac Alaotra, 17 p., multigr.

- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1959 - Evolution pédologique consécutive au drainage des sols hydromorphes à Madagascar. O.R.S.T.O.M.-I.R.A.M., Tananarive, 31 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1960 - Contribution à l'étude pédologique du P.C.23 (Lac Alaotra) I.R.A.M., Tananarive, 75 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1962 a - Etude pédologique des marais de l'Ifanja. I.R.A.M., Tananarive, 31 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1962 b - Contribution à l'étude pédologique de la plaine de la Basse-Ikopa. I.R.A.M., Tananarive, 23 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.), FRITZ (J.) - 1958 - Les sols cultivés en manioc dans la région de Moramanga. Stat. agron. Lac Alaotra, 31 p., multigr.
- HERVIEU (J.) - 1957 - Observations pédologiques dans la plaine d'Ambohimandroso. *Le Naturaliste malg.*, t. IX, fasc. 1, p.1-10.
- HERVIEU (J.) - 1960 - Notice sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n° 33, Brickaville-Moramanga. I.R.S.M., Tananarive, 69 p.
- HERVIEU (J.) - 1966 - Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical. Les facteurs de la sédimentation continentale, les produits de l'érosion, les sols alluviaux sur le versant occidental de Madagascar. Thèse Sciences, O.R.S.T.O.M., Paris, 521 p., multigr.
- MOUREAUX (C.) - 1953 - Rapport sur la collectivité rurale d'Andoharanomaitso. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.V, p.173-192.
- MOUREAUX (C.), RIQUIER (J.) - 1951 - Les sols submergés de l'Alaotra. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.III, fasc. 1, p.1-42.
- RIQUIER (J.) - 1951 a - Les sols de la région de Soavina et de la Ménarahaka. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.III, fasc. 1, p.101-112.
- RIQUIER (J.) - 1951 b - Les sols du Tampoketsa d'Ankazobe. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.III, fasc.1, p.113-126.
- RIQUIER (J.) - 1954 - Formation d'une cuirasse ferrugineuse et manganésifère en région latéritique. *Congr. intern. Sci. Sol*, 5, 1954, Léopoldville, vol.IV, p.227-236.
- RIQUIER (J.) - 1956 a - Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 2. Feuille d'Ankadinondry et de Babetville. I.R.S.M., Tananarive, 27 p.
- RIQUIER (J.) - 1956 b - Les sols sur alluvions anciennes et récentes du Lac Alaotra. *Congr. intern. Sci. Sol*, 6, 1956, Paris, vol.V, p.541-546.
- RIQUIER (J.), SEGALIN (P.) - 1949 - Notice sur la carte pédologique du Lac Alaotra. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.1, fasc.1, p.1-32.
- ROCHE (P.) - 1952 - Les sols de marais récemment récupérés au Lac Alaotra. *Agron. trop.*, vol.VII, 1, janv-fév., p.43-63.
- ROCHE (P.) - 1953 - Prospection pédologique des terrains de culture de la Collectivité rurale autochtone modernisée d'Ambohimandroso près d'Ambatolampy. et Prospection pédologique réalisée sur les sols de la C.R.A.M. d'Ankazobe. *Rech. Agron. de Madagascar*, n° 2, C.R. 1953, p.23-33.
- ROCHE (P.) - 1955 a - Prospection pédologique de la plaine de Fitandambo. Stat. agron. Lac Alaotra, Rapp. ann., Annexe 1, p.1-11, multigr.
- ROCHE (P.) - 1955 b - Prospection pédologique de la plaine d'Ambohibary-Sambaina. Stat. agron. Lac Alaotra, Rapp. ann., Annexe 1, p.12-25, multigr.
- ROCHE (P.) - 1955 c - Notice sur la carte d'utilisation des sols de la Station de Nanokely. Stat. agron. Lac Alaotra. Rapp. ann., Annexe 1, p.44-52, multigr.
- ROCHE (P.) - 1955 d - Prospection pédologique de la plaine de Vinaniny (District d'Antsirabe). Stat. agron. Lac Alaotra, Rapp. ann., Annexe 1, p.63-72, multigr.

- ROCHE (P.) - 1955 e - Notice sur la carte d'utilisation des sols du P.C.15. Stat. agron. Lac Alaotra, Rapp. ann., Annexe 1, p.73-94, multigr.
- ROCHE (P.), RIQUIER (J.), HERVIEU (J.), MOUREAUX (C.), DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1959 - Les sols à riz et leurs problèmes à Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.IX, p.75-90.
- SEGALEN (P.) - 1951 - Etude des sols de la Station des Quinquinas (Montagne d'Ambre). *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.III, fasc.1, p.165-179.
- SEGALEN (P.) - 1956 - Notice sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n°1, Diégo-Suarez. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VII, p.261-316.
- SEGALEN (P.) - 1957 - Les sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VIII, p.1-182.
- SEGALEN (P.), TERCINIER (G.) - 1951 - Notice sur la carte pédologique de l'Ankaizinana. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.III, fasc.2, p.181-284.
- TERCINIER (G.) - 1951 - Rapport sur une prospection pédologique dans la région de la moyenne Sakay. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.III, fasc.2, p.285-292.
- TERCINIER (G.) - 1952 - Prospection pédologique de la région de Diégo-Suarez - Ambahivahide. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.IV, p.37-70.
- VIEILLEFON (J.) - 1959 a - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 9. Feuille de l'Ankona.* I.R.S.M., Tananarive, 25 p.
- VIEILLEFON (J.) - 1959 b - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 6. Feuille d'Imady.* I.R.S.M., Tananarive, 39 p.
- VIEILLEFON (J.), BOURGEAT (F.) - 1965 - *Notice explicative. Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. 22. Feuille d'Ambilobe.* O.R.S.T.O.M., Paris, 92 p.

4 - Région subhumide à semi-aride (versant occidental)

- ANDRIMIALY (R.), ROCHE (P.) - 1962 - Etude pédologique de la zone alluviale Manpikony-Bemarivo (sous-préfecture de Manpikony). I.R.A.M., Tananarive, 52 p., multigr.
- BOSSER (J.), HERVIEU (J.) - 1957 - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 3. Feuilles de Marovoay.* Publ. I.R.S.M., 50 p.
- BOSSER (J.), RIQUIER (J.) - 1960 - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 13. Feuille d'Anjajaja.* I.R.S.M., Tananarive, 31 p.
- BOUCHARD (L.), TREYER (M.), ANDRIAMIHAINGY (N.), ROCHE (P.) - 1963 - Etude pédologique de la plaine de Mahabo (préfecture de Morondava). I.R.A.M., Tananarive, 44 p., multigr.
- BOUCHARD (L.), ROBINSON (B.) - 1964 - Etude pédologique de la plaine de Mampikony (province de Majunga). I.R.A.M., Tananarive, 43 p., multigr.
- BOUCHARD (L.), NGO CHAN BANG - 1965 - Etude des sols à aptitude coton-culture sèche dans la sous-préfecture d'Ihoso (province de Fianarantsoa). I.R.A.M., Tananarive, 81 p., multigr.
- BOURGEAT (F.) - 1964 - Etude de la basse vallée du Kamoro. I.R.S.M., Tananarive, 101 p., multigr.
- CASABIANCA (F. de) - 1965 - Etude agronomique de la cuvette d'Andranomanitsy (province de Tuléar). *Agron. trop.*, XX, n°6-7, p.627-639.
- CASABIANCA (F. de) - 1966 - Etude agronomique des baïbos du nord-ouest de Madagascar. I.R.A.M., Tananarive, T.1, 52 p., multigr.

- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1957 a - Pédologie de la concession CGOT à Analavo (district de Morondava). Serv. de la Recherche agron., Stat. agron. Lac Alaotra, 36 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1957 b - Les sols salés de la baie de Narinda. Serv. de la Recherche agron., Stat. agron. Lac Alaotra, 21 p., multigr.
- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.) - 1962 - Contribution à l'étude pédologique de la plaine de la Basse-Ikopa. I.R.A.M., Tananarive, 23 p., multigr.
- DURAND (J.H.) - 1962 - Vallée de l'Ilovo-Sakaraha. I.R.A.M., Tananarive, 64 p., multigr.
- DURAND (J.H.) - 1964 - Les sols à cocotiers des côtes nord-ouest et nord-est de Madagascar. Nutrition minérale du cocotier (esquisse pour cette région). I.R.A.M., Tananarive, 107 p., multigr.
- HERVIEU (J.) - 1960 - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 14. Les sols de la Plaine de Morondava.* I.R.S.M., Tananarive, 93 p.
- HERVIEU (J.) - 1961 - Profils-types de sols malgaches (inventaire provisoire). O.R.S.T.O.M. - I.R.S.M., Tananarive, 106 p., multigr.
- HERVIEU (J.) - 1963 a - Les plaines de la Zomandao et de Ranotsara. Recherches sur l'aménagement du relief et l'évolution des sols à Madagascar dans le cadre d'unités géomorphologiques. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol., n°3, p.73-114.*
- HERVIEU (J.) - 1963 b - Sur l'altération des basaltes créacés dans l'ouest de Madagascar. *Bull. A.F.E.S., n°1, p.59-72.*
- HERVIEU (J.) - 1966 - Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical. Les facteurs de sédimentation continentale, les produits de l'érosion, les sols alluviaux, sur le versant occidental de Madagascar. Thèse Sciences, O.R.S.T.O.M., Paris, 521 p., multigr.
- HERVIEU (J.), RAKOTOMIRAHO (J.D.), RATASILAHY (R.) - 1961 - Delta du Mangoky. Périmètre de 5 000 ha Tanandava-Ambahikily. Notice explicative de la carte pédologique au 1/10 000. 1ère partie. I.R.S.M., Tananarive, 35 p., multigr.
- KILIAN (J.) - 1964 a - Les sols de la vallée de la Doroa (préfecture d'Antsohihy). I.R.A.M., Tananarive, 55 p., multigr.
- KILIAN (J.) - 1964 b - Etude pédologique des baibos de la Bemarivo (sous-préfecture de Port-Bergé, province de Majunga). I.R.A.M., Tananarive, 32 p., multigr.
- KILIAN (J.) - 1965 - Etude pédologique de reconnaissance de la plaine de Bekarara (province de Majunga). I.R.A.M., Tananarive, 20 p., multigr.
- MOUREAUX (C.) - 1950 - Reconnaissance pédologique d'une station forestière (Marohoga, près Majunga). *Mém. I.R.S.M., sér. D, t.II, fasc.2, p.123-150.*
- MOUREAUX (C.) - 1956 - Notice sur la carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000.- Feuille n° 19. Maevatanana. *Mém. I.R.S.M., sér. D, t.VII, p.23-91.*
- MOUREAUX (C.), RIQUIER (J.) - 1953 - Notice sur la carte pédologique Manja-Mahabo-Morondava. *Mém. I.R.S.M., sér. D, t.V, p.93-172.*
- RIQUIER (J.) - 1951 - Les sols de la région de Soavina et de la Menarahaka. *Mém. I.R.S.M., sér. D, t.III, fasc.1, p.101-112.*
- RIQUIER (J.) - 1959 - Les sols sur calcaire de la région de Majunga. *Mém. I.R.S.M., sér. D, t.IX, p.229-237.*
- ROCHE (P.) - 1952 - Prospection pédologique en vue de l'établissement d'une station d'essai dans la région du Bas-Mangoky. *Recherche agron. de Madagascar, n° 1, C.R., p.20-28.*
- ROCHE (P.) - 1955 - Etude pédologique de la plaine de Madirovalo (district d'Ambato-Boeni). Stat. agron. Lac Alaotra, Rapp. ann., Annexe 1, p.53-62.
- ROCHE (P.) - 1957 - Prospection pédologique du centre multiplicateur d'Ambahivahibe (province de Diego-Suarez). Serv. de la Recherche agron., Stat. agron. Lac Alaotra, 19 p., multigr.

- ROCHE (P.) - 1961 - Etude des sols du périmètre bas-service Taheza. I.R.A.M., Tananarive, 20 p., multigr.
- ROCHE (P.), DUBOIS (J.) - 1961 - Etude des sols de la plaine d'Ankilivalo (district de Mahabo). I.R.A.M., Tananarive, 15 p., multigr.
- SEGALEN (P.) - 1956 a - Notice sur la carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n°1. Diégo-Suarez. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VII, p.261-316.
- SEGALEN (P.) - 1956 b - Notice sur la carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n°12. Mintsinjo-Majunga. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VII, p.93-160.
- SEGALEN (P.) - 1956 c - Notice sur la carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n° 13. Marovoay-Mahajamba. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VII, p.161-260.
- SEGALEN (P.) - 1956 d - Notice sur la carte pédologique au 1/50 000 des plaines d'Ambilobe. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VII, p.317-374.
- SEGALEN (P.) - 1957 - Etude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.VIII, p.1-182.
- SEGALEN (P.), MOUREAUX (C.) - 1949 - Contribution à l'étude des sols de la vallée de la Taheza. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.I, fasc. 2, p.129-152.
- SEGALEN (P.), MOUREAUX (C.) - 1950 - Notice sur la carte pédologique du Bas-Mangoky (sud-ouest). *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.II, fasc. 1, p.1-95.
- TERCINIER (G.) - 1952 a - Prospection pédologique de la région de Diégo-Suarez - Ambahivahibe. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.IV, p.37-70.
- TERCINIER (G.) - 1952 b - Rapport sur la prospection pédologique de la région de la basse Mahavavy. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.IV, p.183-211.
- TERCINIER (G.) - 1952 c - Rapport sur la prospection pédologique de la région Maevatanana-Ambato-Boeni. *Mém. I.R.S.M.*, sér. D, t.IV, p.213-256.
- TREYER (M.) - 1962 - Prospection pédologique de la vallée du Kimangoro (sous-préfecture d'Ambato-Boeni). I.R.A.M., Tananarive, 148 p., multigr.
- VIEILLEFON (J.) - 1959 a - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 7. Feuille de la Manam-drotsy.* I.R.S.M., Tananarive, 35 p.
- VIEILLEFON (J.) - 1959 b - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 8. Feuille de la Manantanana.* I.R.S.M., Tananarive, 43 p.
- VIEILLEFON (J.) - 1960 a - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 12. Les sols de la plaine de la Menarahaka.* I.R.S.M., Tananarive, 46 p.
- VIEILLEFON (J.) - 1960 b - *Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 15. Etude des sols de la plaine d'Ambalabe (district de Majunga).* I.R.S.M., Tananarive, 47 p.
- VIEILLEFON (J.) - 1961 - *Notice sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n° 7. Antonibe.* I.R.S.M., Tananarive, 73 p.
- VIEILLEFON (J.) - 1963 - *Notice sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n° 8. Antsohihy.* I.R.S.M., Tananarive, 87 p.
- VIEILLEFON (J.), BOURGEAT (F.) - 1965 - *Notice explicative. Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille d'Ambolibe.* O.R.S.T.O.M., Paris, 92 p.

5 - Région sèche (sud-ouest et extrême sud)

- BOSSER (J.), HERVIEU (J.) - 1958 - *Notice sur la carte d'utilisation des sols de la plaine de Tuléar.* I.R.S.M., Tananarive, 44 p., multigr.

- DIDIER DE SAINT-AMAND (R.), GOARIN (S.) - 1955 - Contribution à l'étude des sols sur la rive gauche de la basse vallée du Fiherenana. Serv. de la Recherche agron., Stat. agron. Lac Alaotra, 23 p., multigr.
- GRAFFIN (P.) - 1964 - Etude de la station des sols salés de Tuléar. Centre O.R.S.T.O.M., Tananarive, 75 p., multigr.
- HERVIEU (J.) - 1955 - Etude des sols de la basse vallée du Mandrare au sud d'Amboasary. I.R.S.M., rapp. int., 47 p.
- HERVIEU (J.) - 1958 - Notice explicative sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n°64. Ambovombe. I.R.S.M., Tananarive, 70 p.
- HERVIEU (J.) - 1959 a - Notice explicative sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n°63. Ampanihy-Beloha. I.R.S.M., Tananarive, 113 p.
- HERVIEU (J.) - 1959 b - Les sables roux du sud de Madagascar. Conf. Interafric. Sols, 3, 1959, Dalaba, vol.1, p.233-243.
- HERVIEU (J.) - 1960 - Notice explicative sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200 000. Feuille n°65. Fort-Dauphin. I.R.S.M., Tananarive, 51 p.
- HERVIEU (J.), RIQUIER (J.) - 1959 - Notices sur les cartes d'utilisation des sols. 11. Les sols du Bas-Mandrare. I.R.S.M., Tananarive, 64 p.
- MOUREAUX (C.), RIQUIER (J.), SEGALLEN (P.) - 1952 - Etude pédologique de la basse vallée de la Menarandra. Mém. I.R.S.M., sér. D, t.IV, fasc.1, p.71-129.
- RIQUIER (J.) - 1951 - Notice sur la carte pédologique de la basse vallée du Mandraré. Mém. I.R.S.M., sér. D, t.III, fasc.1, p.43-85.
- ROCHE (P.), TREYER (M.) - 1962 - Périmètre du Fiherenana (province de Tuléar). Etude agronomique. I.R.A.M., Tananarive, 108 p., multigr.
- SEGALLEN (P.) - 1957 - Etude des sols dérivés des roches volcaniques basiques à Madagascar. Mém. I.R.S.M., sér. D, t.VIII, p.1-182.
- SEGALLEN (P.), MOUREAUX (C.) - 1950 - Notice sur la carte pédologique du Bas-Mangoky (sud-ouest). Mém. I.R.S.M., sér. D, t.II, fasc.1, p.1-95.