

Sourdat

LES SABLES ROUX DE LA RÉGION DE TULÉAR

OBSERVATIONS STRATIGRAPHIQUES, ANALYSES PAR DIFFRACTION AUX RAYONS X

(PLANCHE 17)

PAR

M. SOURDAT ET C. GENSE

(ORSTOM)

RÉSUMÉ

Après avoir rappelé la définition des sables dunaires anciens et des 3 épisodes transgressifs aepyorniens à la suite desquels ils ont été mis en place dans le sud de Madagascar et plus ou moins rubéfiés, les auteurs constatent que dans la région de Tuléar il en existe 4 formations au lieu de 3. Ils proposent un aménagement de la chronologie aepyornienne pour en tenir compte. La diffractométrie aux rayons X confirme l'existence de différences minéralogiques en rapport avec l'ancienneté de ces dépôts et la durée de l'évolution pédologique qu'ils ont subies.

Les sables roux à Madagascar (rappel)

Dans le sud-ouest et le sud de Madagascar, le terme de « sable roux » a été appliqué à des formations diverses dont HERVIEU (1959) a dressé l'inventaire. Il s'en forme à partir de certains sables de nappes d'épandage ou de terrasses alluviales évolués en sols ferrugineux tropicaux non lessivés, peu humifères. Il s'en forme aussi à partir de sables dunaires, calcaires à l'origine, évolués par décalcification et rubéfaction en sols rouges sableux pseudo-méditerranéens.

Ainsi dans la région de Tuléar ce sont des sables roux alluviaux qui constituent les buttes de Marofatika et Miary. Des sables roux dunaires forment le principal ensemble situé au sud du Fiherenana fl. Au nord du fleuve, se trouvent des sables « mixtes » qui procèdent de nappes d'épandage remaniées par le vent (HERVIEU 1958).

L'Aepyornien à Madagascar (rappel)

On peut considérer le substrat de la plaine côtière qui s'étend du Mangoky fl. à l'Onilahy fl. comme un biseau sédimentaire néogène surmontant le calcaire marin d'un compartiment de faille abaissé (CLICQUET 1957 — HERVIEU 1965). Les formations superficielles telles que les sables roux procèdent d'interactions continentales, marines, fluviales, éoliennes dont les résultantes se sont organisées au cours de plusieurs épisodes successifs, postérieurs au néogène. Leur histoire morphologique et pédologique entre donc dans le cadre de l'évolution du littoral malgache au cours des périodes « Aepyornienne » et « actuelle » que BATTISTINI a définies pour l'extrême Sud (1964) et l'extrême Nord de l'île (1965) en utilisant les observations pédologiques de HERVIEU (1958-1959).

BATTISTINI range dans l'Aepyornien tous les dépôts mis en place postérieurement aux épandages néogènes et qui contiennent des débris d'œufs d'Aepyornis. Il subdivise l'Aepyornien en trois épisodes rythmés par les oscillations du niveau marin et les modifications climatiques.

La partie aval du biseau sédimentaire ayant été rongée par les transgressions marines, trois formations dunaires se sont installées en arrière des rivages.

— Une « Grande dune » mise en place après le maximum marin « Tatsimien ». Elle a subi une forte évolution pédologique dont résultent la décarbonation et la rubéfaction des horizons superficiels ainsi que l'enrichissement en calcaire des horizons profonds. Les formes dunaires ont été effacées par l'érosion.

O. R. S. T. O. M.

C. R. Sem. Géol. Madagascar 1969

Collection de Référence

15 JUIN 1971

n°

4708

— Une « petite dune » mise en place à la suite du maximum « Karimbolien ». Elle a subi une évolution pédologique moindre dont résultent une décarbonatation variable et une rubéfaction limitée. Les horizons calcaires seraient moins sujets à la grésification. Les formes dunaires sont bien conservées.

— Une dune « flandrienne » qui n'est ni décarbonatée ni rubéfiée ; elle présente des formes vives.

L'observation en coupe d'une formation dunaire rubéfiée doit donc comporter pour être complète d'une part les sables roux d'autre part les sables beiges corrélatifs, c'est-à-dire le matériau originel enrichi en calcaire par la décarbonatation des horizons roux.

Application de ces données à la région de Tuléar

Il devrait être aisé de reconnaître dans la région de Tuléar l'équivalent de ces formations. L'étude de terrain a fait apparaître cependant quelques particularités.

En ce qui concerne les critères de couleur, la variation des nuances, du rouge au jaune admet des discontinuités à la faveur desquelles nous avons réparti nos échantillons en quatre lots. Nous avons désigné ces lots par référence au code MUNSSELL, de la façon suivante :

- MUNSSELL 2,5 YR sables roux-rouges ;
- MUNSSELL 5 YR sables roux-foncés ;
- MUNSSELL 7,5 YR sables roux clairs ;
- MUNSSELL 10 sables jaunes (peu calcaires) ou beiges (calcaires).

Le point de vue selon lequel la coloration des sables traduit par son intensité le degré d'évolution pédologique et par extension l'ancienneté du dépôt sera contrôlée par les analyses. Des observations stratigraphiques vérifieront qu'il s'agit bien de dépôts différents et non pas seulement de différences locales des conditions de rubéfaction. Les couleurs se sont affirmées sous ce rapport des critères précis et fidèles.

— En ce qui concerne les critères de forme, si le contraste entre formes usées et formes vives est évident, par contre l'ampleur des formations de la région de Tuléar est beaucoup plus faible que celle des formations de l'extrême Sud.

— En ce qui concerne l'importance des grès et leur consistance, il nous a paru imprudent de s'y référer. Nous avons remarqué l'aptitude des sables enrichis en calcaire, à s'indurer ou à rester friables selon qu'ils sont proches ou non de l'air libre et cela pourrait priver de signification la plupart des identifications qui ont été basées sur ce critère.

— Il est parfois malaisé d'interpréter la liaison entre les sables roux et les horizons calcaires sous jacents. Il peut arriver qu'une formation de sables roux préalablement rubéfiés fossilise directement les horizons calcaires d'une formation antérieure tronquée par érosion. Une interprétation générale n'a pu être donnée des conditions dans lesquelles les croutes calcaires sont présentes ou absentes en position profonde sous les sables roux.

Il y a donc tout lieu de se défier des observations superficielles et nous raisonnerons de préférence sur les coupes qu'il nous a été donné d'étudier dans le cadre de nos préoccupations pédologiques. Par l'observation des couleurs des sables, par celle des formes et par celle des coupes, nous avons été confronté à trois formations de sables roux au lieu des deux que laissait prévoir le cadre stratigraphique généralement admis. Nous aurons donc à résoudre un problème d'identification de celles-ci à celles-là. Pour ne pas préjuger de cette identification nous désignerons les formations observées par des symboles tels que Q1, Q2, Q3.

OBSERVATIONS STRATIGRAPHIQUES

a. Au sud du Fiherenana FI.

La formation dunaire ancienne, Q1

La formation dunaire la plus ancienne observée dans la région de Tuléar est notée Q1 ; elle comporte des sables « roux-rouges » et le matériau beige corrélatif.

Les sables roux-rouges existent en placage au sommet du plateau éocène (1) et de chaque côté de l'ondulation d'Ankasy (cette ondulation s'étend dans la plaine à partir du lieu-dit : *Ankasy* en direction du SSE ; sa surface est constituée par l'affleurement d'une croute ou de brèches calcaires). Le sondage 479 nous les a montrés par ailleurs, à la profondeur de 4 mètres, fossilisés sans ambiguïté par une formation transgressive de sables « roux-foncés » et beiges dévolus à l'épisode Q2. Nous n'avons pas pu observer de sables beiges à profondeur de sondage sous les sables roux-rouges et la corrélation entre eux n'est pas clairement établie.

Cependant un petit aven s'ouvre au sommet de l'ondulation d'Ankasy. Il permet de constater qu'elle est formée de sables beiges, fortement grésifiés en

(1) Il s'agit du plateau Mahafaly formé de calcaires marins éocène et qui domine la plaine de Tuléar par une falaise de 100 mètres environ de commandement.

parois, riches en mollusques fossiles et de texture assez grossière. La puissance de la croute et de la brèche qui la revêtent indiquent l'ancienneté de cette formation. La croute est comparable par l'épaisseur et l'aspect lapiazé à celle qui couvre le plateau éocène. La brèche à ciment rougeâtre semble comparable à celles du pluvial dit « Ambovombien », qui suit la mise en place de la grande dune (BATTISTINI 1967). Un autre aven dit « Hiaviro » s'ouvre en contrebas du relief d'Ankasy au milieu de la grande nappe des sables roux foncés dévolus à l'épisode Q2. Il montre à 10 mètres environ de profondeur le contact discordant de la formation Q2 et d'une strate de sables beiges assez grossiers et riches en mollusques. H. BESAIRIE (1957) en avait tiré les conclusions lorsqu'il rattachait au quaternaire continental « les sables et calcaires à *Clavator*, *Helicophanta*, *Tropidophora*, que l'on voit apparaître dans le goufre d'Hiaviro et qui se prolongent en formant le substratum de la bande côtière occidentale jusqu'au cap Sainte-Marie ».

Nous concluons à l'existence passée d'une importante formation dunaire terminée par les sables roux-rouges, qui fossilisait la falaise éocène et le bord du plateau tout comme fait le Tatsimien de l'extrême Sud. La texture grossière des sables beiges observés dans les avens nous incite à penser qu'ils appartiennent à une formation du type « crête de plage » sur laquelle s'appuyait la dune.

L'ondulation résiduelle d'Ankasy atteint encore la côte de 50 mètres contre 39 seulement aux sables roux de la crête de Befanamy. Il est donc plausible que la formation disparue ait été beaucoup plus élevée.

La formation dunaire moyenne Q2 et ses subdivisions Q21 et Q22

Entre la formation Q1 et la dune flandrienne pour laquelle nous réservons la notation Q3, nous constatons l'existence de deux ensembles dunaires que nous désignons par Q21 et Q22.

Q21 désigne la nappe plane de sables roux-foncés étendue entre l'ondulation d'Ankasy et le massif dunaire parabolique qui culmine à Befanamy. Nous avons vu qu'elle fossilisait la formation Q1.

Q22 désigne les sables roux clairs du massif parabolique de Befanamy et de la nappe de petites dunes d'Andranomena.

Ces formations se distinguent par la couleur et surtout par la morphologie. Il est frappant, tant dans le paysage que sur photos aériennes, d'observer le front de déferlement des dunes (Q22) sur la nappe (Q21). Le fossé 475 situé près de la racine

sud du massif de Befanamy montre des horizons de sable roux clair — enrichis en calcaire par des contaminations issues du Flandrien — qui fossilisent un horizon de sables roux foncés. A cet endroit, la transgression dunaire Q22 a mis en œuvre des sables préalablement décarbonatés, car il n'y a pas d'horizon enrichi en calcaire à la limite des deux formations. D'autres fossés ont montré des accumulations calcaires voire des croutes à la base des sables Q22, mais nous n'avons pas pu en ces endroits atteindre la formation fossilisée à profondeur de sondage.

Les dunes flandriennes Q3

Elles s'identifient aisément en fonction de leur couleur jaune, de la présence de calcaire dans tous les horizons et de la végétation calcicole bien qu'elles masquent parfois très superficiellement des sables roux clairs Q22 et sont masquées elles-mêmes par des contaminations actuelles.

Des migrations de calcaires s'y organisent et, sans jamais atteindre la décarbonatation superficielle, il en résulte des accumulations relatives à mi-profondeur lesquelles se transforment en grès friables lorsque l'érosion les amène à l'air libre.

La couleur du flandrien se situe dans les nuances foncées ou vives de la carte MUNSSELL 10 YR par contraste avec les sables actuels qui se situent dans les nuances les plus pâles de cette carte.

b. Au nord du Fiherenana fl.

Les sables de cette zone se distinguent de ceux de la zone Sud par leur texture plus grossière d'origine « mixte ». De cette différence texturale résultent quelques nuances particulières de la gamme des couleurs. De plus ces sables sont absolument dépourvus de cohésion de sorte que fossés et sondages s'éboulent.

La disposition stratigraphique observée dans la zone Sud peut cependant être retrouvée. Des sables roux-rouges forment la partie orientale de la grande nappe faiblement ondulée (Q1). Des sables roux foncés forment la partie occidentale de cette nappe. (Q21). Le massif parabolique de Belalanda-Tsongoritelo représente l'épisode Q22. Ceux-ci réapparaissent le long de la plage d'Ifaty sous la dune flandrienne érodée.

Malgré l'épaisseur et la consistance remarquables du grès dont les blocs sapés par la mer basculent sur la plage, nous pensons que la longue dune littorale, jaune et calcaire représente le Flandrien. Ces grès résultent de l'affleurement d'accumulations

calcaires au sein d'un profil imparfaitement décarbonaté ; leur individualisation est récente.

ANALYSES PAR DIFFRACTOMÉTRIE AUX RAYONS X

Plusieurs formations sableuses ayant été distinguées sur le terrain en fonction principalement du critère couleur, l'analyse aux rayons X a eu pour objectif de contrôler que des différences significatives de nature minéralogique existent effectivement, en accord avec les différences présumées d'intensité et de durée de l'évolution pédologique, et que l'intensité croissante de la coloration rouge dans l'échelle stratigraphique traduit une altération également croissante des matériaux.

Deux échantillons représentent des matériaux qui n'ont pas subi d'autre évolution qu'un enrichissement en calcaire.

Horizon beige d'accumulation calcaire, corrélatif d'un profil de sables roux attribués à l'épisode Q21.	479-7	Grande quantité de minéraux cristallisés. Illite nettement dominante et très bien cristallisée. Kaolinite très bien cristallisée. Traces de chlorites légèrement gonflantes.
Horizon beige d'accumulation calcaire corrélatif d'un profil de sables roux attribués à l'épisode Q22.	476-8	Grande quantité de minéraux cristallisés. Illite dominante très bien cristallisée. Kaolinite très bien cristallisée. Montmorillonite en petite quantité.

Les échantillons suivants représentent divers sables roux présentés en ordre d'anciennetés croissantes du quaternaire récent au quaternaire ancien.

Sables roux-clairs (7,5 YR) attribués à l'épisode Q22.	476-8	Quantité moyenne de minéraux cristallisés. Kaolinite dominante bien cristallisée. Illite bien cristallisée. Traces incertaines de chlorites.
		Pour tous : quantités moyennes à faibles de minéraux cristallisés.
	475-8	Kaolinite nettement dominante bien cristallisée. Illite altérée.

Sables roux-foncés (5 YR) attribués à l'épisode Q21.	60-4	Kaolinite nettement dominante bien cristallisée. Illite.
	46-3	Kaolinite dominante. Illite.
	479-6	Kaolinite dominante. Traces d'Illite altérée. Faible quantité de chlorite.
Sables roux rouges (2,5 YR) attribués à l'épisode Q1.	43-4	Faible quantité de minéraux cristallisés. Kaolinite.
	479-10	Aucun minéral cristallisé n'apparaît.

Nous attirons l'attention en particulier sur les différences qui apparaissent entre les échantillons de la coupe 479 qui avait servi de base stratigraphique à nos hypothèses. 479-7 est l'horizon d'accumulation corrélatif de 479-6 : tous deux fossilisent 479-10.

Ces résultats ne représentent qu'une première approche des phénomènes que nous désirerions définir, mais ils apportent une contribution nouvelle à l'étude des « sables roux » de la région de Tuléar et à celle des variations climatiques qui ont présidé à leur pédogénèse. Ils sont conformes à nos hypothèses de terrain.

Du matériau brut au matériau le plus évolué on constate que la variation la plus évidente réside dans la proportion de minéraux bien cristallisés qui diminue jusqu'à disparaître. On constate aussi l'élimination précoce de la Montmorillonite et des Chlorites, la disparition progressive de l'Illite et la prédominance croissante de la Kaolinite. Un seul échantillon sur 10 n'est pas entré dans la logique de nos hypothèses.

Nous pensons trouver pour les échantillons les plus anciens, les indices d'une évolution ferrallitique : des traces de gibbsite par exemple. Le fait que les minéraux cristallisés soient absents ou peut-être masqués par une grande quantité de produits amorphes ne nous permet pas de conclure.

Ces résultats suffisent néanmoins à établir la corrélation ancienneté-couleur-altération minéralogique ; ils répondent donc à notre attente et justifient que de nouvelles déterminations soient entreprises par cette voie.

CONCLUSIONS

Nous constatons dans la région de Tuléar l'existence de trois formations de sables roux dunaires alors que la stratigraphie de référence n'en comporte que deux. Leur identification aux épisodes connus pose donc un problème.

On pourrait considérer la formation Q1 comme pré-apeyornienne mais il semble que la comparaison des caractères de cette formation et du Tatsimien soit nettement en faveur de leur identification. On pourrait intercaler entre le Karimbolien et le Flandrien un épisode marin supplémentaire, tel qu'il en existe dans la chronologie quaternaire des pays méditerranéens par exemple ; cependant nous ne relevons localement aucune trace de cette transgression.

Aussi inclinons-nous à penser que la régression post-karimbolienne s'est faite en deux paliers au cours desquels ont été mises en place nos formations Q21 et Q22. Le second palier aurait été marqué par une recrudescence de l'activité éolienne responsable de la morphologie dunaire accentuée.

A l'appui de cette hypothèse, on remarque que la diffractométrie n'a pas décelé de différences entre les échantillons Q21 et Q22 ; les différences significatives se situant entre les échantillons Q1 et Q2 d'une part, Q2 et matériau originel d'autre part.

La différence de couleur entre sables roux foncés et roux clairs pourrait être due simplement à l'amincissement de la pellicule colloïdale qui enrobe les quartz et qui s'est trouvée laminée par l'éolisation. Les rapports entre l'altération des minéraux argileux et l'âge des sols devront être précisés et généralisés par d'autres analyses de façon à se faire une idée plus juste des climats qui ont présidé à leur évolution.

Sous réserve de ces prochains résultats, les caractéristiques de ces climats sont impliquées dans la limite de la notion de « sols fersiallitiques » qui s'est

dégagée de récents travaux menés à l'ORSTOM et qui rend assez exactement compte des propriétés physico-chimiques que nous constatons. Ce terme pourra donc être préféré à celui de pseudoméditerranéen qui avait été avancé.

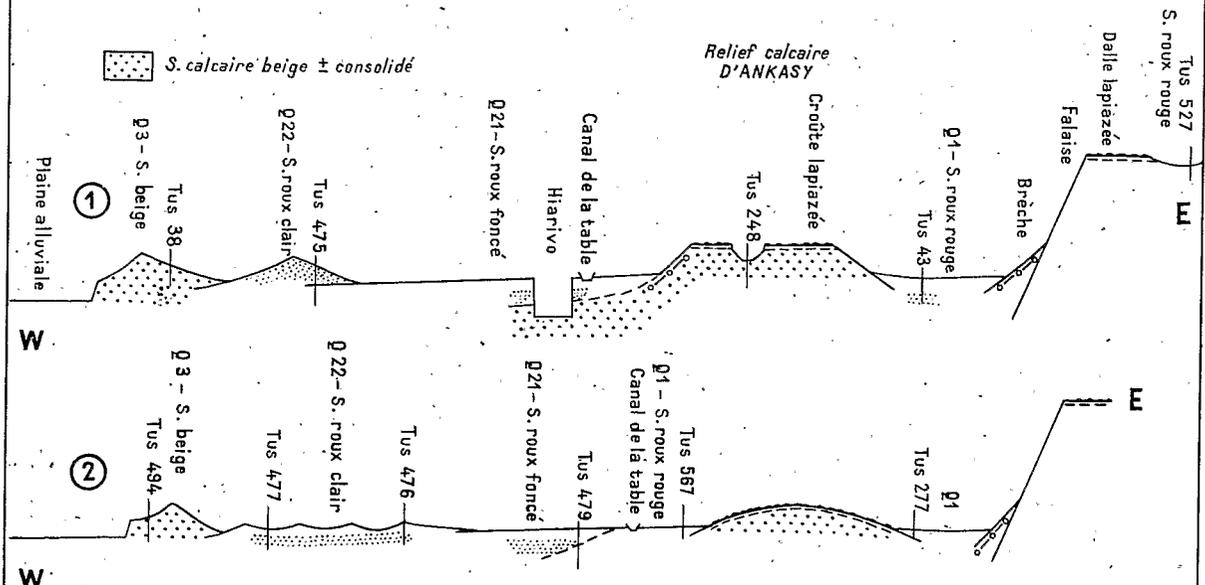
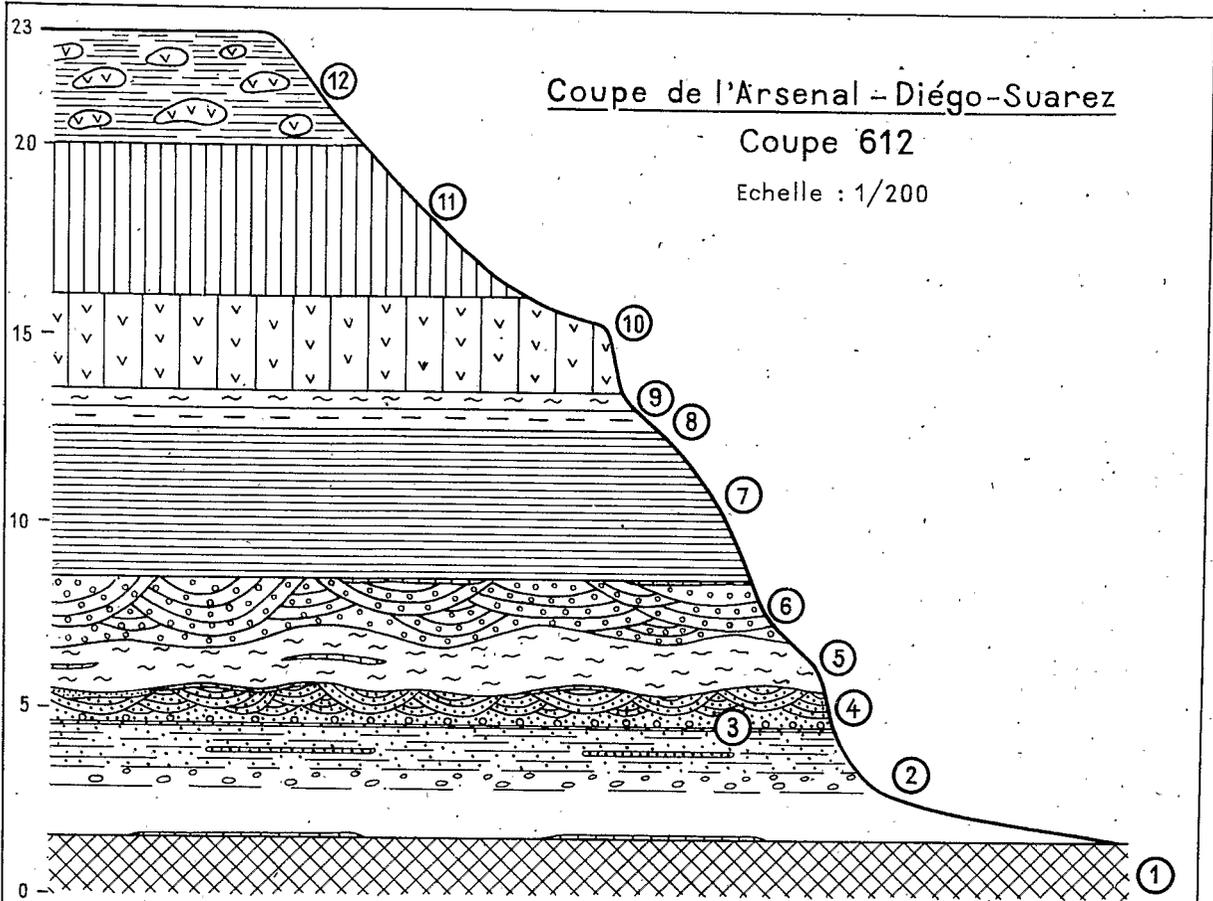
BIBLIOGRAPHIE

- BATTISTINI R., 1964. — *L'extrême Sud de Madagascar. Etude géomorphologique*. Thèse Lettres. « Etudes Malgaches », nos 10, 11, 636 p.
- BATTISTINI R., 1965. — *Le quaternaire littoral de l'extrême Nord de Madagascar*. « Bull. Ass. Fra. pour l'étude du Quaternaire », 1965-2, p. 133-144.
- BATTISTINI R., 1967. — *Les modifications quaternaires du climat dans l'extrême Sud de Madagascar*. « C.R. Sem. Géol. », Madagascar 1967, p. 9-11.
- BESAIRIE H., 1948. — *Hydrologie de Tuléar*. « Trav. Bur. Géol. », n° A 254, Madagascar.
- BESAIRIE H., 1954-1955. — *Sondage de Tuléar*. « Trav. Bur. Géol. », n° 97, Madagascar.
- BESAIRIE H., 1957. — *La Géologie de Madagascar en 1957*. « Ronéo. S. Géol. Tananarive, 159 p.
- BOSSER J., HÉRVIEU J., 1958. — *Notice sur la carte d'utilisation des sols de la plaine de Tuléar*. « IRSM », Tananarive, 44 p., multigr.
- CLICQUET P.-L., 1957. — *Tectonique profonde du sud du bassin de Morondava*. « C.R. Conf. CCTA », Tananarive, Serv. Géol. Madagascar.
- HÉRVIEU J., 1958. — *Notice explicative sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200000^e*. Feuille n° 64. Ambovombe. « IRSM », Tananarive, 70 p.
- HÉRVIEU J., 1959 a. — *Notice explicative sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200000^e*. Feuille n° 63. Ampanihy-Beloha. « IRSM », Tananarive, 113 p.
- HÉRVIEU J., 1959 b. — *Les sables roux du Sud de Madagascar*. « Conf. Inter afric. Sols, 3 », 1959, Dalaba, vol. 1, pp. 233-243.
- HÉRVIEU J., 1965. — *Note sur les formations néogènes dans les régions côtières de l'Ouest et du Nord-Ouest de Madagascar*. « C.R. Sem. Géol. », Madagascar 1967, pp. 19-26.
- SOURDAT M., GENSE C. — 1968. — *Les formations sableuses de la région de Tuléar. Analyse par diffraction R.X.* « ORSTOM », Tananarive, multigr., avec carte.

Coupe de l'Arsenal - Diégo-Suarez

Coupe 612

Echelle : 1/200



Coupes schématiques de la plaine de Tuléar

- ① Au niveau de Hiarivo
- ② Au niveau du fossé 479