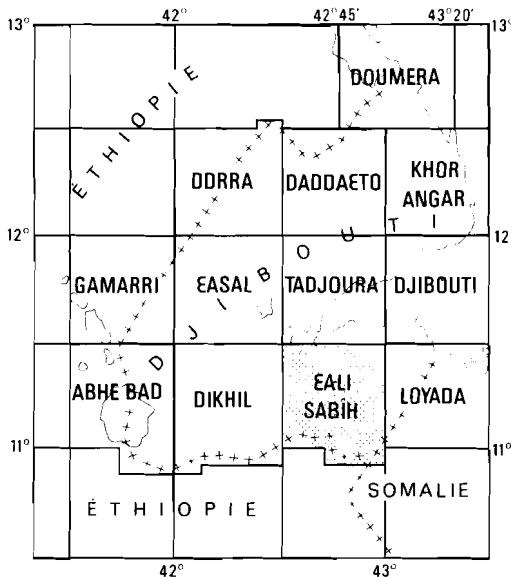


**CARTE GÉOLOGIQUE
DE LA
RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI
à 1:100 000**

ÈALI SABÎH



Coordination : F. GASSE (et J. VARET)

Formations volcaniques : G. MAZET

Formations sédimentaires : F. RECROIX

Géophysique : J.C. RUEGG

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

PARIS
1986

NOTICE EXPLICATIVE

**CARTE GÉOLOGIQUE
DE LA
RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI
à 1 : 100 000**

ËALI SABÏH

Coordination : F. GASSE* (et J. VARET)*****

Formations volcaniques : G. MAZET**

Formations sédimentaires : F. RECROIX***

Géophysique : J.C. RUEGG****

*Publié avec le concours du Ministère
des Relations Extérieures (France)
Services de la Coopération et du
Développement
Fonds d'Aide et de Coopération*

* ENS, 92260 Fontenay-aux-Roses
** ISERST, BP 486, Djibouti
*** ISERST, BP 486, Djibouti
**** IPG, Université Paris VI
***** B.R.G.M., Orléans

« La loi du 11 Mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, fait sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal ».

PRÉFACE

La République de Djibouti a créé le 1^{er} janvier 1979 un Institut Supérieur d'Études et de Recherches Scientifiques et Techniques pour encourager la recherche dans différents domaines, et en particulier celui de l'évaluation des ressources naturelles du pays.

Dans ce cadre, s'inscrit le projet de cartographie géologique au 1 : 100 000 qui, nous l'espérons, nous permettra de faire un tour d'horizon des ressources possibles. En fonction de ces données, nous procéderons, dans les cas favorables, à des études détaillées pour l'évaluation de leurs potentialités.

La formation et l'information constituent le second objectif de cette carte. En effet, nous voulons constituer un document de base pour les générations futures de géologues djiboutiens et un outil de travail pour les différentes tâches qu'ils auront à accomplir.

Enfin, par ce projet, nous avons voulu souligner l'intérêt géologique majeur de la République de Djibouti, point de rencontre de trois rifts (Golfe d'Aden, Mer Rouge-Afar, Rift Africain). De plus, la zone du Ghoubbet-Asal est, avec l'Islande, l'une des deux zones du globe où une dorsale océanique apparaît en surface alors que le phénomène d'expansion se manifeste généralement au fond des océans.

Pour toutes ces raisons, nous renouvelons le souhait de voir se maintenir l'intérêt scientifique suscité par notre région qui a attiré de nombreux chercheurs de disciplines diverses depuis une quinzaine d'années. Nous pensons en particulier aux premières équipes du CNR (italien) CNRS (français) qui ont établi les bases géologiques fondamentales caractérisant cette zone.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce projet, et tout d'abord les membres du Comité de la Carte, en particulier son président Monsieur le Professeur ROQUES pour son intégrité et les efforts continus qu'il a apporté à l'organisation de ce projet.

Nous adressons nos encouragements aux géologues auteurs de cette carte pour les soins et applications avec lesquels ils ont menés les tâches pratiques à cette fin.

Enfin, nous remercions vout au Ministère Français de la Coopération et du Développement pour sa contribution financière et l'intérêt qu'il a porté à ce projet.

*Anis Abdallah
Directeur de l'I.S.E.R.S.T*

SOMMAIRE

Pages

PRÉFACE

INTRODUCTION

1. La République de Djibouti : présentation générale 1
2. Le contexte géodynamique 3

PRESENTATION DE LA FEUILLE IGN A 1:100 000 d'ÉALI SABIH (G.M., F.R., F.G.)

1. Conditions d'établissement de la carte et travaux antérieurs 5
2. Présentation géographique et toponymique 7
3. Présentation géologique 7

LES FORMATIONS VOLCANIQUES (G.M.)

1. Les formations du Miocène inférieur et moyen 9
2. Les formations du Miocène supérieur 19
3. Les formations du Pliocène inférieur et moyen 23
4. Les formations du Plio-Pléistocène : la série stratoïde de l'Afar 27
5. Les formations volcaniques du Quaternaire 31

LES FORMATIONS SEDIMENTAIRES (F.R.)

1. Les formations anciennes 35
2. Les formations d'âge Mio-Pliocène 53
3. Les formations sédimentaires d'âge Pliocène supérieur
à Pléistocène moyen 53
4. Les formations sédimentaires d'âge Pléistocène supérieur 59
5. Les formations sédimentaires d'âge Holocène 61

GÉOPHYSIQUE (J.C. R.)

1. Structure de la croûte 65
2. Gravimétrie 65
3. Magnétisme 69
4. Sismicité 69

CONCLUSION (F.G., G.M., F.R., J.V.) 71

| | |
|---|----|
| RESSOURCES DU SOUS-SOL | |
| 1. Matériaux et substances utiles | 73 |
| 2. Hydrogéologie | 79 |
| BIBLIOGRAPHIE | 81 |
| ANNEXES | 87 |

INTRODUCTION

1. — La république de Djibouti : présentation générale

1.1. — LES GRANDS ENSEMBLES TOPOGRAPHIQUES

Située entre 11° et 12°30' de latitude nord et 41°45' et 43°15' de longitude est, la République de Djibouti est entourée par sa grande voisine l'Éthiopie, alors que seuls quelques dizaines de kilomètres confinent à la Somalie, au sud-est. Au nord-est, la Mer Rouge et le détroit du Bal-el-Mandeb ; à l'est, le golfe d'Aden qui se prolonge profondément dans le territoire de la République de Djibouti par le golfe de Tadjoura, jusqu'au Ghoubbat-al-Kharâb.

La République de Djibouti se divise en cinq grandes zones géographiques :

1. Au nord-est et au sud-est : des plaines côtières formées de fines coulées basaltiques et d'anciens récifs coralliens exondés.

2. Au nord-ouest et à l'ouest : de vastes plateaux de nature basaltique (Mak'Arasou, Dalha, Manda Inakir, alt. 1000-1500 m). Les régions intermédiaires entre les plaines côtières du nord-est et les plateaux du nord sont d'immenses massifs rhyolitiques, très chaotiques, et dont l'altitude passe progressivement de 200 à 1500 m (Mabla, Goda, Ado'Ale...).

3. Au sud-ouest : une mosaïque de horsts basaltiques et de grabens remplis de sédiments, de direction NW-SE et limités par des escarpements atteignant parfois 1000 m de dénivellation (Ëasal, Gaggadé, Hanlé, Abhé...). L'altitude du fond de ces grabens diminue du SW au NE passant de + 240 m dans le bassin du lac Abhe à - 150 m pour le bassin d'Ëasal.

4. Au sud : la région d'Ëali Sabîh et le massif du Bour Ougoul, limités à l'ouest par la dépression des Bada Weyn et Bada Yar.

5. Enfin, le golfe de Tadjoura qui coupe la République en deux parties nord et sud, depuis le golfe d'Aden à l'est jusqu'au Ghoubbat-al-Kharâb à l'ouest. La profondeur du fond de sa vallée axiale va en diminuant d'est (1500 m) en ouest (200 m).

1.2. — DONNÉES CLIMATIQUES

Le climat est tropical aride sur l'ensemble de la République de Djibouti. Des données climatiques sont publiées par LAPEYRE (1939), BESAIRIE (1949), GRIFFITHS (1972) et le rapport de la MISSION de COOPÉRATION TECHNIQUE ALLEMANDE (1982).

Des différences climatiques existent en fonction de l'altitude et de la distance à la mer.

A Djibouti, station représentative de la zone côtière, la pluviosité annuelle moyenne est de 129 mm/an et 70 % des pluies tombent entre octobre et mars. Comme dans tout le territoire, les variations interannuelles sont très importantes (max.: 300 mm/an ; min.: 10 mm/an). La température moyenne journalière est de 32 °C et l'évaporation

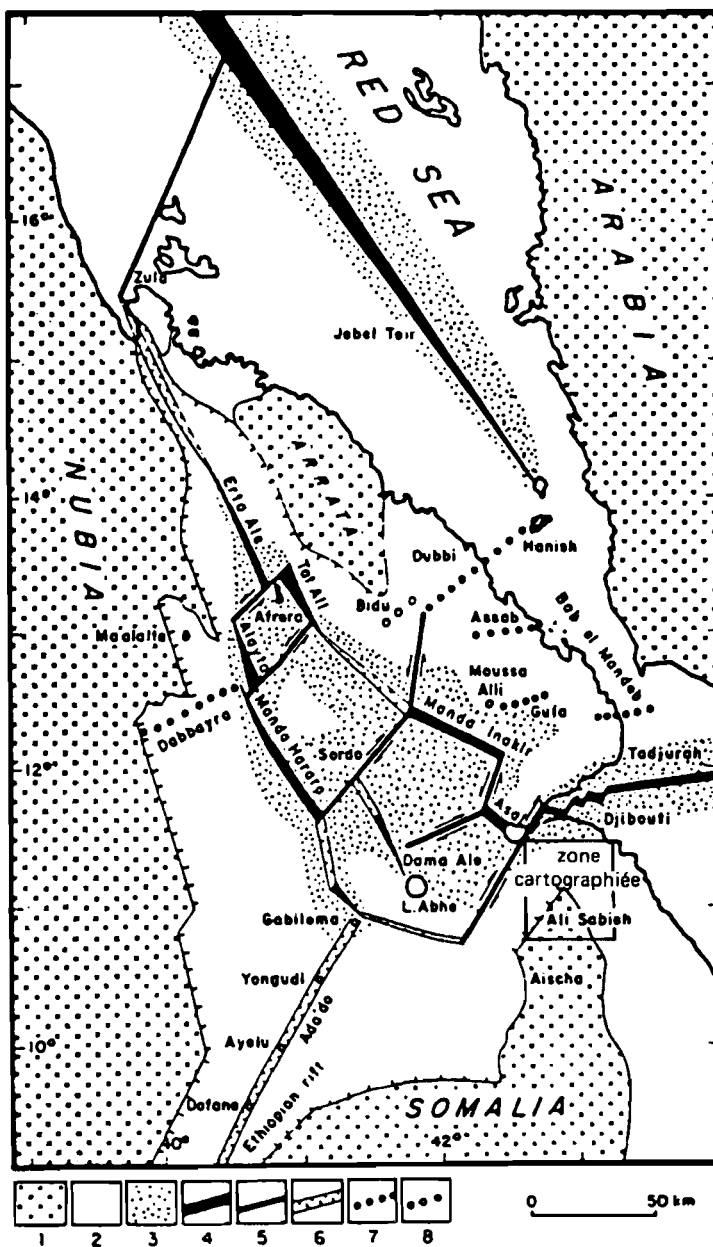


Fig. 1 : Carte structurale schématique de l'Afar (BARBERI et VARET, 1977)
Situation de la zone cartographiée.

1. socle continental ;
2. volcanisme de type rift continental ;
3. croûte de type océanique ;
4. axes d'expansion et chaînes axiales en Afar ;
5. mouvements relatifs le long des zones transformantes ;
6. manifestations de tectonique extensive ;
7. structures volcaniques transverses ;
8. volcans centraux.

est élevée (6,4 mm/jour en moyenne). L'humidité de l'air est en moyenne de 75 % à 6 h 30 et de 63 % à 12 h.

En raison de la topographie, la pluviosité est plus forte au nord, dans la région des massifs du Mabla. Elle est en moyenne de 217 mm/an à Randa. Vers les sommets, l'humidité de l'air très élevée a permis le maintien de forêts relictuelles.

L'aridité s'accroît vers l'intérieur du pays, qui ne bénéficie pas de vents marins. La pluviosité moyenne annuelle est inférieure à 200 mm/an sur une grande partie de la République. La température et l'évaporation atteignent leur maximum dans les secteurs situés en-dessous du niveau de la mer (5800 mm/an d'évaporation à Ćasal).

En raison de ce régime climatique sévère, la plupart des cours d'eau sont temporaires et ne coulent que quelques heures après les orages. Les milieux aquatiques permanents sont rares : le lac Ćasal, hypersalé, est principalement alimenté par des eaux souterraines ; le lac Abhé, hyperalcalin, dépend de la rivière Awash descendant des plateaux éthiopiens, et est actuellement en voie d'assèchement.

2. — Le contexte géodynamique

D'un point de vue géologique, la République de Djibouti représente l'extrémité sud-est de la dépression Afar qui s'étend en Ethiopie jusqu'à 15 °N. Cette région a été l'objet de nombreuses études géologiques et géophysiques qui ont mis en lumière son rôle dans les mécanismes de mouvements des plaques dans cette partie du globe.

La théorie de la tectonique des plaques, dans son application stricte, conduit, à la fin des années soixante, quelques auteurs à proposer un modèle de point triple qui n'inclut que les trois structures en extension de la Mer Rouge, du golfe d'Aden et du rift Africain (MAC KENZIE, 1970). Cependant, nombreux sont ceux qui s'accordent à penser que la région Afar, essentiellement volcanique, a accompagné les mouvements de séparation des continents africain et arabe (LAUGHTON, 1966 ; FREUND, 1970 ; MOHR, 1970 ; TAZIEFF et al., 1969...).

Au fil des années, depuis 1966, les frontières de plaques en Afar se précisent : les premières structures à être mises en évidence sont les chaînes volcaniques axiales qui jalonnent la dépression de l'Afar du nord au sud. BARBERI et al. (1970, 1972), STIELTJES (1973) considèrent ces édifices volcaniques comme les équivalents émergés des segments de dorsale océanique.

Il faut attendre 1974 pour que TAPPONIER et VARET, puis LEPINE et al. (1976) décrivent des structures tectoniques équivalentes aux zones transformantes océaniques reliant les chaînes axiales entre elles.

Plus précisément, en République de Djibouti, les études géologiques (MARINELLI et VARET, 1973 ; BARBERI et al., 1975 ; ARTHAUD et al., 1977 ; STIELTJES, 1973 ; NEE-DHAM et al., 1976 ; RICHARD, 1979...) ont montré que le golfe de Tadjoura est la zone de transition entre la dorsale de Carlsberg (océan Indien et golfe d'Aden) et le rift d'Ćasal (premier segment axial émergé d'Afar).

Les travaux géophysiques sur la structure de la croûte (BERKHEMER et al., 1975 ; LEPINE et al., 1972, 1976 ; RUEGG, 1975...) ont montré que celle-ci, en Afar comme en République de Djibouti, n'est pas continentale (même atténuée) mais est clairement de type océanique. La sismicité, étudiée par LEPINE et RUEGG (1973, 1976), autour du golfe de Tadjoura montre une série d'épicentres de séismes répartie le long d'une bande de quelques kilomètres de large dans le golfe, soulignant ainsi les zones axiales et les zones de failles transformantes, déjà mises en évidence par les données bathymétriques dans les golfes de Tadjoura et d'Aden.

De même les travaux d'aéromagnétisme (LAUGHTON et al., 1970 ; COURTILOTT et al., 1980 ; TISSEAU, 1978) montrent une bonne corrélation tant dans le golfe de Tadjoura qu'en Afar avec les données précédentes.

L'évolution géodynamique est déterminante pour la sédimentation : la formation des bassins sédimentaires est d'origine tectonique. Une fois mis en place, leur sédimentation est principalement régie par les facteurs climatiques.

L'état actuel des frontières de plaques est schématisé en figure 1.

PRESENTATION DE LA FEUILLE IGN A 1:100 000 D'ËALI SABÎH

1. — Conditions d'établissement de la carte et travaux antérieurs

Cette nouvelle édition de la feuille d'Ëali Sabîh à 1:100 000 fait partie d'un programme de cartographie géologique de la République de Djibouti, programme financé par le Fond d'Aide à la Coopération (F.A.C.), réalisé par des coopérants français en mission ou en poste à Djibouti avec le soutien logistique de l'Institut Supérieur d'Etudes et de Recherches Scientifiques et Techniques de Djibouti (I.S.E.R.S.T.) et la participation de géologues djiboutiens. Cette étude fait suite aux travaux antérieurs réalisés en Afar Central et Méridional (CNR-CNRS, 1975 ; VARET et GASSE, 1978), en République de Djibouti (BESAIRIE, 1949) ou sur la région d'Aïsha-Ëali Sabîh (BLACK et al., 1972 ; C.E.G.D., 1975).

La révision de la carte géologique a été entreprise en raison de l'hétérogénéité des données publiées par le C.E.G.D. en 1975 (multiplication des noms de formations) avec celles de l'Afar Central et Méridional (CNR-CNRS, 1975) et celles des nouvelles cartes à 1:100 000 de Djibouti et Tadjoura (FOURNIER, et al., 1983, 1984 ; GASSE et al., 1983, 1985).

Cette nouvelle édition réinsère les unités volcaniques dans une stratigraphie régionale valable pour l'Afar Méridional et la République de Djibouti. Elle apporte des informations nouvelles sur la tectonique, tant dans le socle que dans les formations volcaniques. Elle comprend des données sur la localisation de gisements potentiels de matériaux et substances utiles. Elle corrige certaines imprécisions cartographiques, pétrographiques et volcanologiques de l'édition antérieure, montrant notamment une extension plus vaste des formations rhyolitiques miocènes et l'existence de roches volcaniques de composition intermédiaire.

Ce travail a été effectué au cours de plusieurs missions de terrain : novembre 1982 à mai 1983 par A.-G. MAZET pour les terrains volcaniques, octobre 1983 à janvier 1984 par F. RECROIX pour la partie sédimentaire. Les levés de terrain ont été entrepris au moyen de véhicules quatre roues motrices ou à pied après photo-interprétation.

Dix analyses chimiques nouvelles ont été faites par le Laboratoire de Pétrographie de l'Université de Paris VI ; 310 lames minces ont été réalisées par C. CHAUVET (Laboratoire de Pétrographie - Université Paris XI) ; 44 analyses minéralogiques aux Rayons X ont été exécutées au Laboratoire de Géochimie des Roches sédimentaires de l'Université Paris XI ; enfin une dizaine de datations nouvelles ont été effectuées par le Laboratoire K/Ar du C.E.A. à Saclay et le Laboratoire géochronologique du B.R.G.M.

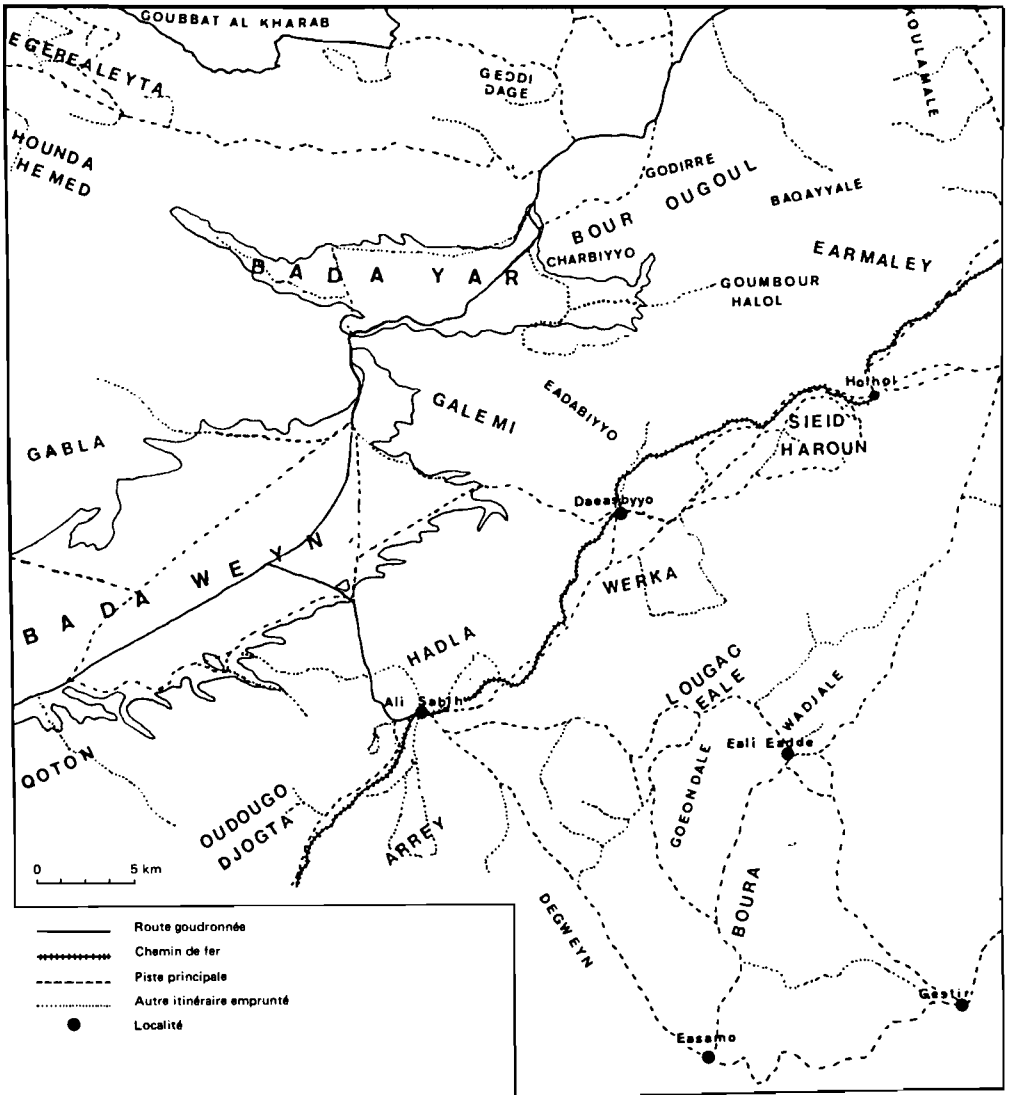


Fig. 2 : Toponymie et voies de communications

2. — Présentation géographique et toponymique

La feuille 1:100 000 d'Éali Sabîh couvre environ 3 200 km², compris entre 11° et 11°30' de latitude nord, et 42°30' et 43° de longitude est. Elle est délimitée au sud par la frontière éthiopienne, au nord par la carte de Tadjoura, à l'est par celle de Loyada et à l'ouest par la feuille de Dikhil.

Géographiquement (fig. 2), cette carte peut se subdiviser en six secteurs ; d'est en ouest, on rencontre successivement :

- un vaste plateau subhorizontal de 450 m d'altitude moyenne se poursuivant sur la feuille Loyada plus à l'est. Il est entaillé suivant des directions est-ouest par la partie basse d'oueds coulant vers la Somalie ;

- une chaîne montagneuse discontinue, orientée nord-sud et interrompue par un grand accident transverse (NE-SW). Son ossature est formée par : les mots Boura (946 m), Wadjale (769 m), Lougag Éale (785 m), Sieid Hâroûn (710 m). Tous ces massifs sont creusés par les parties hautes des oueds qui empruntent les principales lignes de failles pour aller se déverser vers l'est ;

- un massif méridional de forme trapézoïdale comprenant les monts Arrey (1289 m) et Degweyn (1025 m) qui forment une frontière naturelle avec l'Éthiopie, et le Goëondale (953 m) au nord. Ce massif, très érodé, est découpé suivant la tectonique par des cours d'eau s'écoulant vers l'est, le nord-ouest ou l'est où ils vont alimenter la vallée de Galilé (Sud d'Éali Sabîh), la dépression de Werka ou les vallées orientales ;

- au centre de la carte, suivant une diagonale SW-NE, on trouve un vaste plateau incliné vers le nord-ouest dans sa partie méridionale et vers le nord-nord-est dans sa partie septentrionale. Il culmine à l'est par une ligne de sommets : Oudougo Djogta (1008 m), Hadla (876 m), Éadabiyyo (906 m), Goumbour Alôl (885 m). Dans la partie nord-est de la feuille, il forme le massif de Bour Ougoul dont les principaux sommets sont : Charbiyyo (758 m), Godirre (815 m), Baqayyâle (686 m), Koulamâle (504 m). Ces plateaux, limités à l'est par de grands accidents NE-SW, sont assez fortement entaillés par l'érosion des oueds qui vont se déverser à l'ouest dans les bassins endoréiques des Bada Weyn et Yar, ou au nord-ouest où ils vont rejoindre le Dihda Weëad. Tous ces cours d'eau suivent les directions des failles principales affectant ces plateaux ;

- plus à l'ouest, une succession de grabens dissymétriques orientés est-ouest leur fait suite. Il s'agit des plaines sédimentaires de Bada Weyn (Brand Bara), Bada Yar (Petit Bara) et Qayd ;

- enfin, au nord-ouest, on trouve les grands plateaux du Éounda Hemed et des Gablas qui culminent à l'Oummoûna (1105 m). Inclonnés vers le sud-ouest, ils sont affectés par des failles normales sub-parallèles, au pied desquelles s'écoulent les oueds et se forment parfois de petites dépressions sédimentaires. Le nombre et le rejet de ces failles augmentent vers le nord au fur et à mesure que l'on approche du Ghoubbat-al-Kharâb et de la zone active d'Éasal. L'érosion n'a pas eu le temps d'entailler ces plateaux suivant la ligne de plus grande pente ; par contre, elle a été plus active au niveau des failles où elle a pu creuser des fenêtres laissant apparaître les formations plus anciennes.

3. — Présentation géologique

Contrairement aux autres cartes de la République de Djibouti, la feuille d'Éali Sabîh comprend toutes les formations géologiques connues en Afar hormis les intrusions granitiques.

Les terrains les plus anciens affleurent au sud d'Éali Sabîh ; il s'agit d'un môle sédimentaire, correspondant à la terminaison nord du « Horst » éthiopien d'Aïsha et constitué de terrains partiellement datés, d'âge jurassique supérieur à la base de la série.

Au début du Miocène, ce socle est recouvert en discordance par une série basaltique fissurale ancienne présentant des analogies avec la série d'Adolei définie par BARBERI et al. (1975). Cette formation se retrouve aussi sous forme de dykes et de sills s'injectant dans les terrains sédimentaires sous-jacents. Ces basaltes sont surmontés en concordance par une épaisse série rhyolitique analogue à celle des Mablâs, définie au nord de Tadjoura.

Après une phase d'érosion marquée par des conglomérats et un paléorelief parfois conservé, l'activité volcanique reprend à la fin du Miocène avec la mise en place d'une nouvelle série basaltique discordante sur les rhyolites : la série du Dalha. Au début du Pliocène, la fin de cet épisode se traduit différemment suivant les secteurs de la carte :

- au nord-ouest, on observe parfois des conglomérats et des paléoreliefs de la série du Dalha marquant une phase d'érosion ;

- dans la partie médiane, l'activité volcanique continue avec des émissions plus acides de trachytes et de rhyolites (épisode de Ribta) ;

- enfin, plus à l'est, on observe la mise en place de coulées basaltiques montrant un chimisme assez évolué (basaltes somalis).

Au Plio-Pléistocène, la série stratoïde se met en place en discordance sur la série du Dalha au nord-ouest de la carte. Cette formation est essentiellement basaltique, sauf dans la région d'Egerealeyta où des émissions de roches intermédiaires et de rhyolites lui sont associées.

Enfin, au Pléistocène supérieur, et uniquement en bordure du Ghoubbat-al-Kharâb ou dans des vallées basses (Weea), de fines coulées de basaltes fissuraux récents liées à l'ouverture du golfe de Tadjoura se mettent en place.

LES FORMATIONS VOLCANIQUES

1. — Les formations du Miocène inférieur et moyen.

1.1 — β_A , S β : LES BASALTES FISSURAUX ANCIENS

Cette unité, définie dans le nord de Tadjoura comme la formation d'Adolei (BARBERI et al., 1975) a été retrouvée dans la région d'Éali Sabîh et plus au sud dans celle d'Aïsha où elle avait déjà été décrite sous le nom de formation de Galile (CHESSEX et al., 1974) et Basaltes β_i (BLACK et al., 1975). Il s'agit soit d'un empilement de coulées basaltiques recouvrant les terrains jurassiques et crétacés β_A , soit d'intrusions (S β dykes et sills) injectés dans ces derniers.

• Dykes et sills

Les dykes, d'une dizaine de mètres d'épaisseur au maximum, sont disséminés dans le socle et empruntent les failles qui l'affectent. Les sills peuvent atteindre jusqu'à 300 m d'épaisseur ; ils affleurent dans les Monts Arrey (Warâbaley, Dadîn). Injectés dans les calcaires jurassiques ou les grès crétacés, ils ont été mis à jour par l'érosion. Ce sont des basaltes très altérés à structure fréquemment doléritique ayant la plupart du temps métamorphosé l'encaissant au contact de l'intrusion.

• Partie effusive

La partie effusive de cette unité est formée par une superposition de coulées basaltiques profondément altérées. Elle affleure dans la plaine de Werka et dans les vallées de Midgan (sud d'Éali Éadde) et de Galile (sud d'Éali Sabîh). On la retrouve plus au nord à la faveur de fenêtres tectoniques dans les dépressions d'Éadaytali (base du Goumbour Alôl) et à la base du Siciî Hâroûn. Les pendages sont assez faibles (10 à 20°) et l'épaisseur maximale observée atteint 150 m. Cette série vient ennoyer le socle sédimentaire qu'elle recouvre en discordance. Elle est surmontée à l'est, à l'ouest et au nord soit par les rhyolites des Mablâs (en concordance), soit par les basaltes somalis (en discordance). La coupe décrite au pied du Damêrkaddaë (fig. 3) montre une succession de coulées métriques de basaltes passant à des basaltes à andésine vers le sommet.

Pétrographie

Il s'agit de basaltes, basaltes à andésine à structure microlitique porphyrique parfois doléritique, montrant des phénocristaux de plagioclase (An₆₀), d'olivine (Fa_{19.40}) iddingsitisée et de pyroxène (augite aegyrinique). La pâte renferme des microlites de plagioclases, pyroxènes, olivines et opaques. Ces roches montrent en outre un degré d'altération élevé avec le développement de calcite, chlorite, zéolites et même quartz.

Géochimie

Les analyses chimiques (tableau I, annexe II) confirment l'observation microscopique.

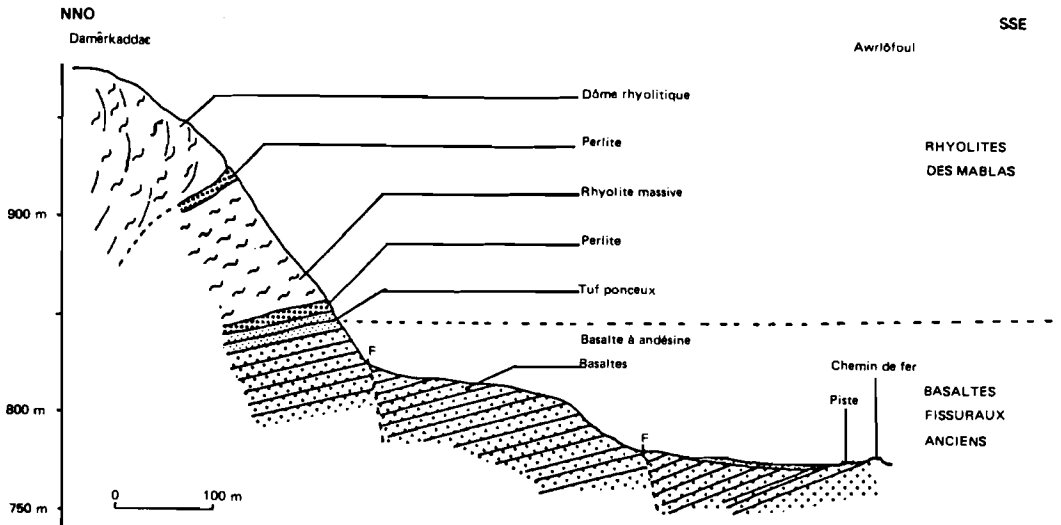


Fig. 3 : Série basaltique fissurale ancienne surmontée par la série des Mablès dans le secteur de Damêrkaddae.

pique révélant des compositions de basaltes, basaltes à andésine. Leur report dans un diagramme A.F.M. agrandi (fig. 4), avec des échantillons de basaltes miocènes prélevés sur la carte de Tadjoura (GASSE et al., 1985), montre que ces basaltes ont un caractère intermédiaire entre les tholéiites et les basaltes alcalins. Nous verrons plus loin que ces roches ont un lien de parenté magmatique avec les rhyolites des Mablās.

Géochronologie

Les données publiées antérieurement (BARBERI et al., 1975 ; BLACK et al., 1975 ; CHESSEX et al., 1975) montrent que dans cette région la série s'est mise en place entre 26,7 et 19,7 MA.

Tectonique

Cette unité est fortement tectonisée ; cependant, en raison de l'altération et de l'érosion assez intenses de cette formation, les failles sont le plus souvent masquées. Elles n'apparaissent que lorsqu'elles ont rejoué lors de périodes plus récentes ou quand elles ont été injectées par des dykes comme dans la plaine de Werka. Les principales directions observées sont N-S, N20 à N40, N140 à N160.

Signification de cette série

La série des basaltes fissuraux anciens affleurant sur la feuille d'Ëali Sabîh correspond à la formation magmatique marquant les premiers mouvements de rupture du massif arabo-nubien au Miocène ancien. Plus au sud, elle se raccorde aux séries de base des « Basaltes des plateaux » somalien et éthiopien.

1.2 – ρ_M^{1-2} : LES RHYOLITES DES MABLAS

Cette unité comprend les formations désignées sous le nom de Chinile et de Damêrkaddæ par le C.E.G.D. (1975). En raison de l'absence de distinctions visibles sur le terrain et des similitudes pétrographiques, volcanologiques et géochronologiques avec les rhyolites des Mablās définies au nord de Tadjoura par BARBERI et al. (1975), nous avons préféré garder cette dernière dénomination malgré la longue durée de cet épisode (plus de 10 millions d'années). Pour des raisons de clarté cartographique, nous avons noté les centres d'émission de la série ρ_M^2 mais nous n'avons pas distingué les pyroclastites et les projections des laves massives ρ_M^1 .

Plusieurs coupes effectuées dans la série montrent qu'elle peut atteindre 400 m d'épaisseur. Elle se caractérise par des dômes, dômes-coulées et un empilement de tufs, d'ignimbrites entre lesquelles viennent parfois s'intercaler des ponces, des cinérites et des coulées basaltiques (fig. 5). L'unité recouvre les basaltes fissuraux anciens en concordance. Elle affleure dans la partie médio-orientale de la carte, dessinant un Y renversé. La petite branche du Y, orientée nord-sud est formée par les massifs de Boura, Wadjale et Sicid Hâroûn dans lesquels les couches pendent vers l'est et sont recouvertes en discordance dans la partie orientale par les basaltes somalis. Dans la grande branche du Y, ces rhyolites constituent l'ossature des massifs d'Oudougo Djôgta, Damêrkaddæ, Hadla, ou apparaissent à la faveur de fenêtres tectoniques dans les dépressions de Dacāsbiyyo, Ëadabiyyo, Ëadaytali et Chinile. Les pendages observés sont nord-ouest et la série est recouverte en discordance par les basaltes du Dalha. On la retrouve enfin au nord de la carte, mise à jour par les failles normales du Sud Ghoubbat au niveau du Fare, avec des pendages sud-sud-ouest.

Les dykes de la dépression de Werka ont été associés à cette unité en raison de leurs similitudes pétrographiques, géochimiques et d'observations de terrain. A l'ouest de Wadjale et dans le Sicid Hâroûn, on observe en effet plusieurs dômes et dômes-coulées alimentés par ces dykes.

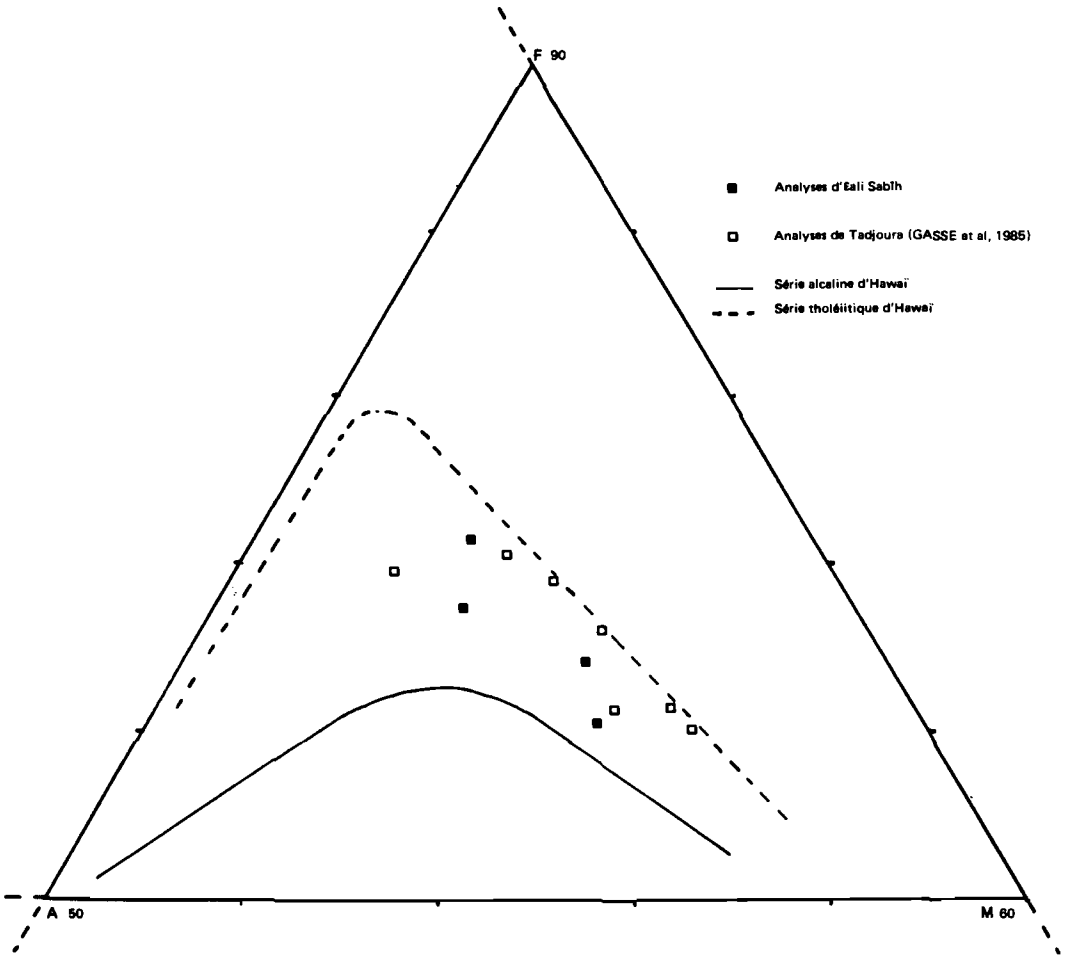













Fig. 4 : Diagramme AFM agrandi des basaltes du Miocène inférieur et moyen d'Eali Sabih et de Tadjoura

-  Basalte ancien
-  Cendres ou Tuf blanc
-  Ignimbrite
-  Perlite
-  Basalte intercalaire
-  Grès crétacés
-  Calcaire Jurassique
-  Basaltes du Dalha
-  Dôme Dyke rhyolitique
-  Phase tectonique majeure
-  Brèche d'érosion

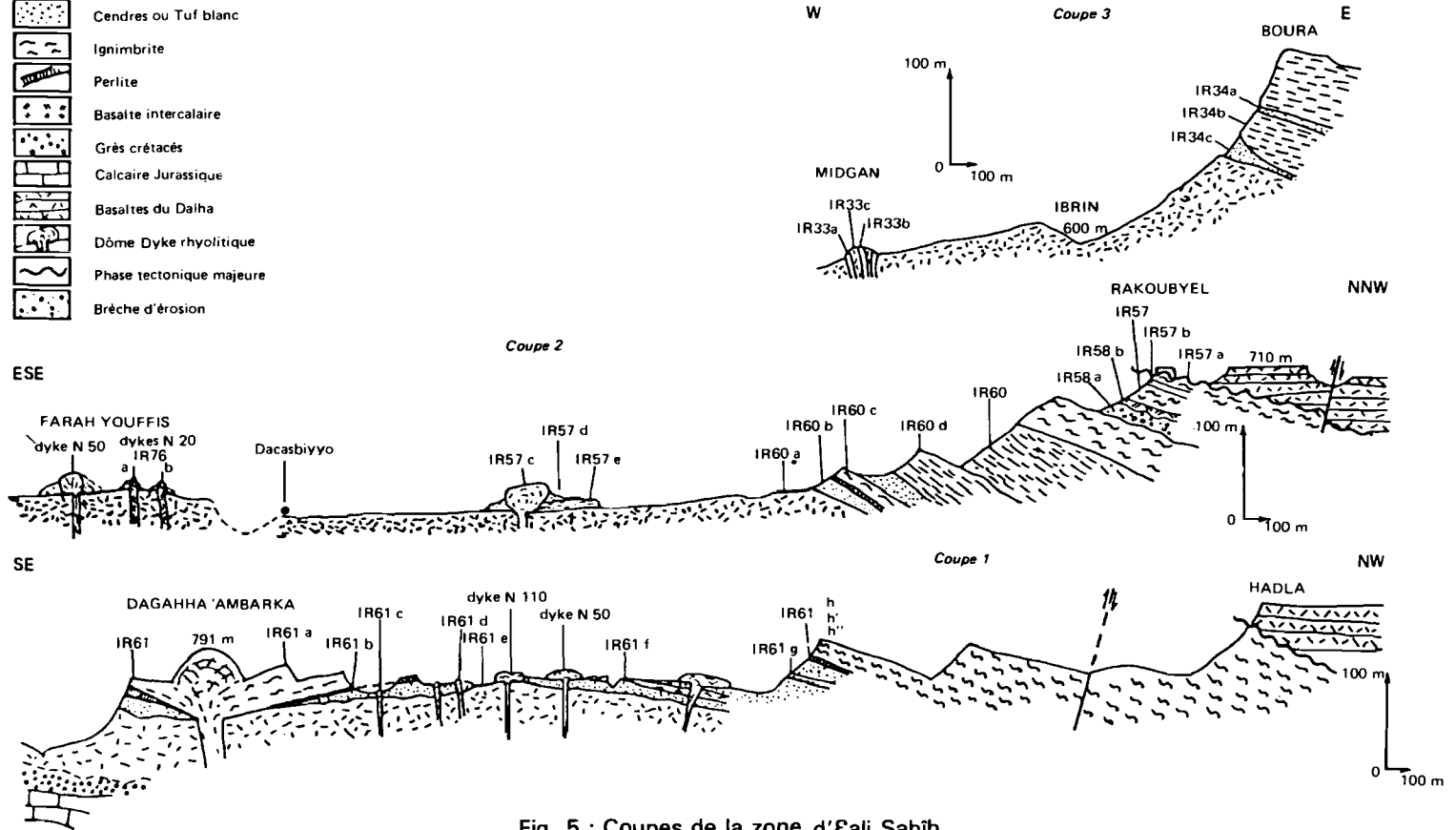


Fig. 5 : Coupes de la zone d'Éali Sabih

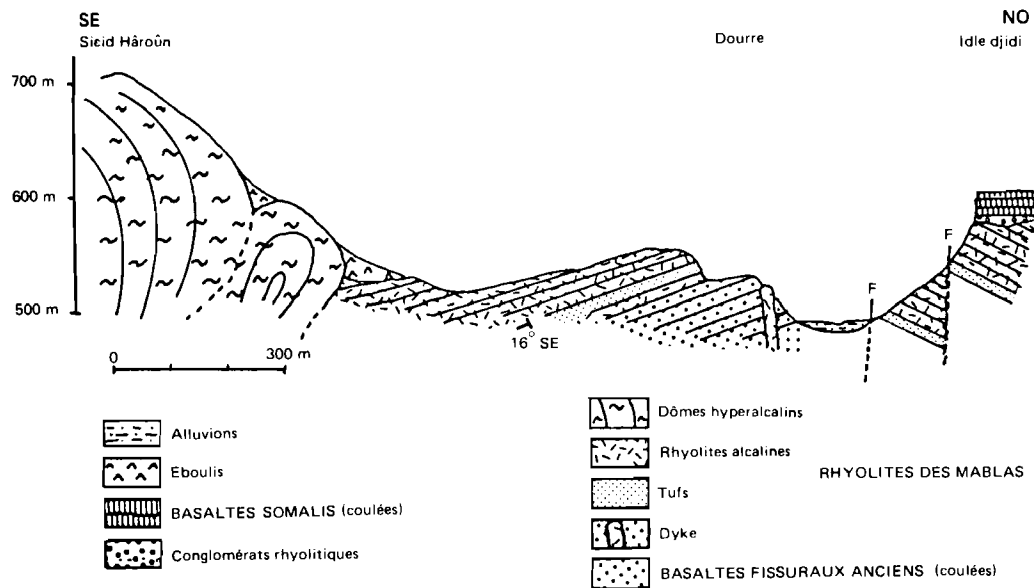


Fig. 6 : Coupe orientale du Sicid Hâroun

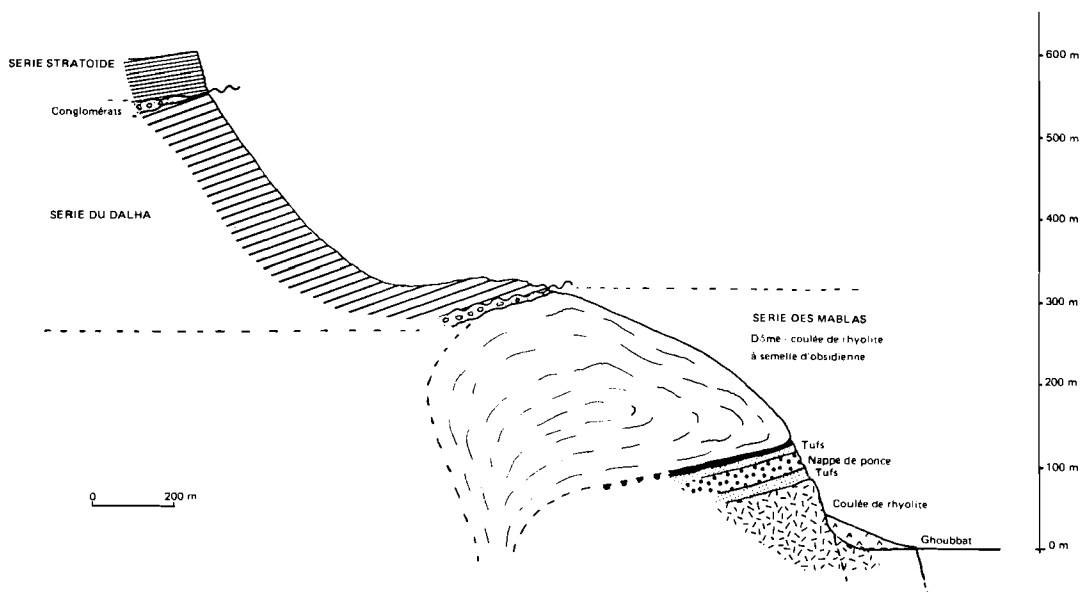


Fig. 6bis : Coupe au sud-est du Ghoubbat-al-Kharâb

Une coupe réalisée dans la partie orientale du Sicid Hâroûn (fig. 6) laisse voir la succession suivante avec des pendages de 16 °SE :

- une dizaine de coulées de basaltes fissuraux anciens recoupés par un dyke de direction N3,
- une vingtaine de coulées de rhyolites alcalines contenant une passée de tufs,
- deux dômes, dômes-coulées de rhyolite hyperalcaline.

Une autre coupe au sud-est du Ghoubbat (fig. 6bis) montre :

- une coulée de rhyolite massive (50 m),
- un épisode de téphras (50 m) avec tufs ponceux (20 m), ponces (25 m), cinérites cuites (2 m),
- un dôme-coulée de rhyolite hyperalcaline (200 m) avec des structures de flux et une semelle vitreuse.

Pétrographie

L'examen microscopique montre trois grands types pétrographiques : trachy-rhyolites, rhyolites alcalines, rhyolites hyperalcalines. Les trachy-rhyolites sont à anorthose, plagioclase, pyroxène, opaques, apatite en phase phénocristalline. Les rhyolites alcalines ont une minéralogie identique mais sans plagioclases. Les rhyolites hyperalcalines, souvent vitreuses ou à verre recristallisé, possèdent des phénocristaux d'anorthose, de rares quartz, de l'aegyrine et parfois de l'aenigmatite. Les ignimbrites et les dykes ont les mêmes paragenèses ; cependant on observe des quartz corrodés plus nombreux dans les ignimbrites, une saussuritisation quasi systématique des feldspaths ainsi que le développement de micropegmatites dans les dykes. Toutes ces roches ont été affectées par des circulations fumerolliennes qui les ont profondément altérées, entraînant une saussuritisation des feldspaths et parfois une recristallisation des roches. Il n'a pas été possible de mettre en évidence de variation chronologique ou géographique des caractéristiques pétrographiques de cette série.

Géochimie

Les analyses chimiques (tableau II, annexe II) confirment le caractère alcalin et hyperalcalin de ces laves. Leur report dans le diagramme de BAILEY MAC DONALD (1972) montre qu'il s'agit surtout de comendites riches en silice (fig. 7). Enfin les diagrammes A.F.M. (fig. 8) et de variation des oxydes en fonction de l'indice de différenciation D.I. (fig. 9) corroborent les conclusions de l'étude de GADALIA (1980) sur les rhyolites miocènes de Djibouti : elles dérivent des basaltes fissuraux anciens par cristallisation fractionnée. Leur caractère faiblement hyperalcalin est en harmonie avec la nature transitionnelle des basaltes fissuraux qu'elles recouvrent.

Géochronologie

Les données sur les âges radiométriques déjà publiées (CHESSEX et al., 1975 ; BLACK et al., 1975 ; BARBERI et al., 1975) indiquent que la mise en place de la série a débuté vers 25,2 MA et s'est terminée vers 9,6 MA. Les trois datations réalisées au cours de ce travail, l'une à la base de la série (massif de Damêrkaddae), une autre au sommet du Sicid Hâroûn, indiquent respectivement des âges de $12,36 \pm 0,46$ MA et de $19,1 \pm 0,9$ MA ; le troisième échantillon prélevé vers Chinile indique $11,2 \pm 0,2$ MA.

Tectonique

Les rhyolites des Mablâs sont affectées par d'importantes failles normales. On observe des directions N-S, N40 et N140. Elles se sont mises en place à travers les fissures de ces directions comme en témoignent les alignements de dômes et de dykes. Elles ont subi une phase d'érosion marquée par des conglomérats avant d'être recouvertes par les basaltes du Dalha (fig. 10).

Signification de cette série

La série rhyolitique des Mablâs semble correspondre à une période d'expansion lente, au stade initial de la rupture du bloc arabonubien, avec magmatisme de type « rift continental » semblable à celui prévalant aujourd'hui dans le sud de l'Ethiopie et du Kenya.

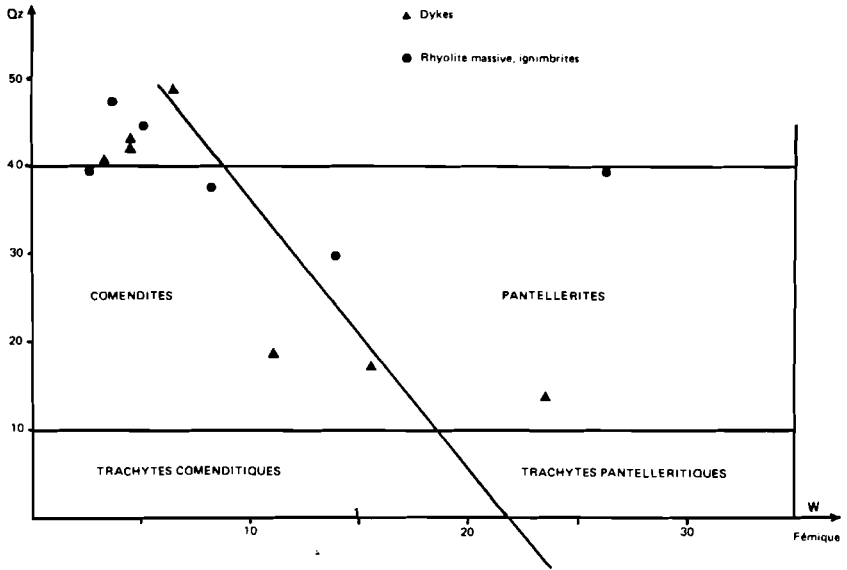
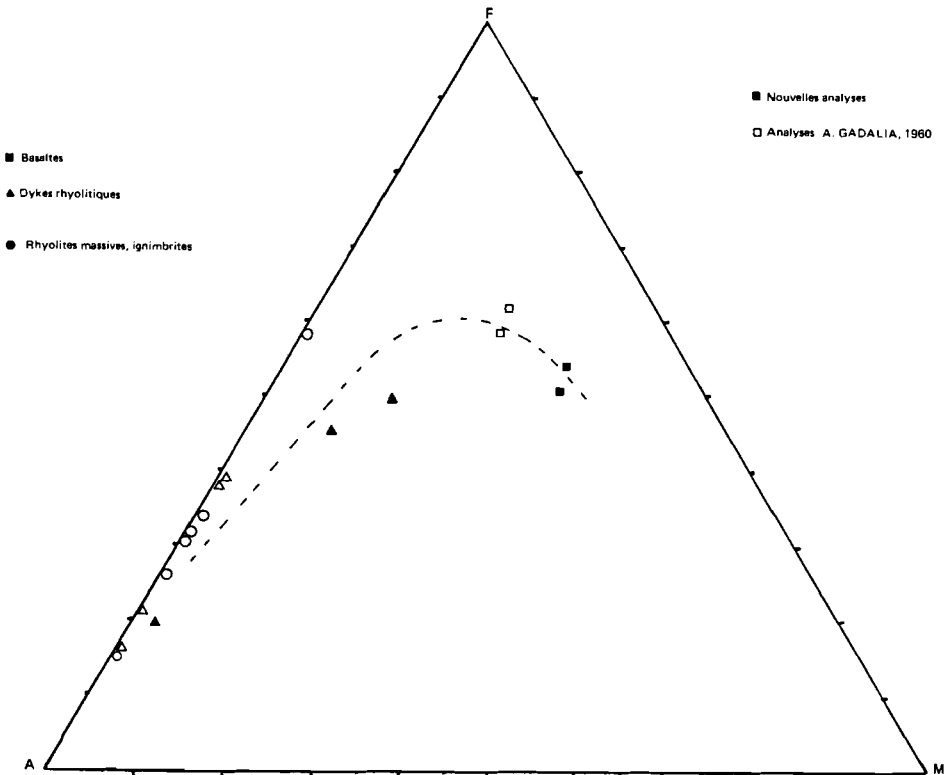


Fig. 7 : Report des rhyolites miocènes dans le diagramme quartz normalif/minéraux férmiques normalifs (BAILEY MAC DONALD, 1973).



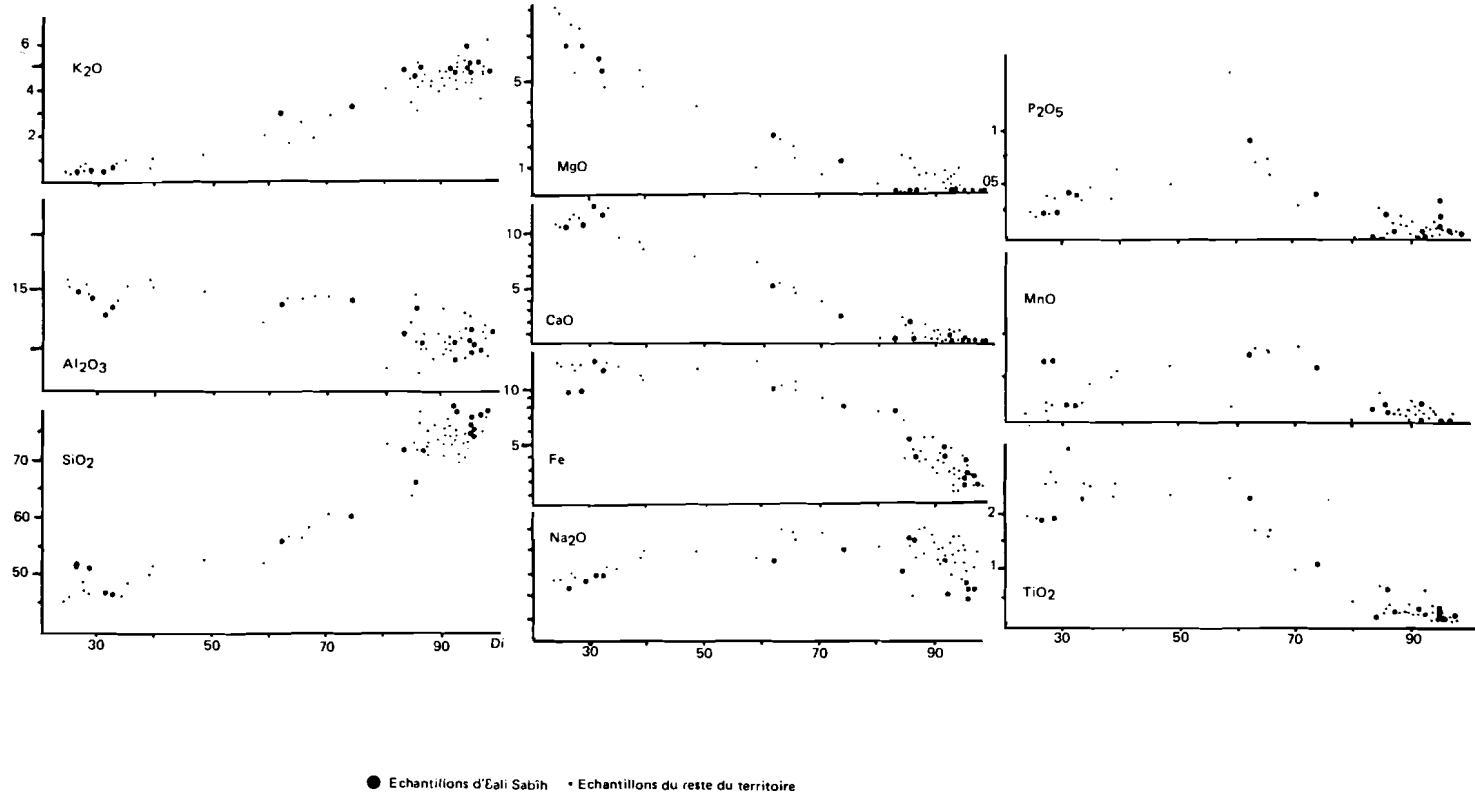


Fig. 9 : Diagramme de variation des pourcentages d'oxydes en fonction de l'indice de différenciation D.I. des roches du Miocène inférieur et moyen.

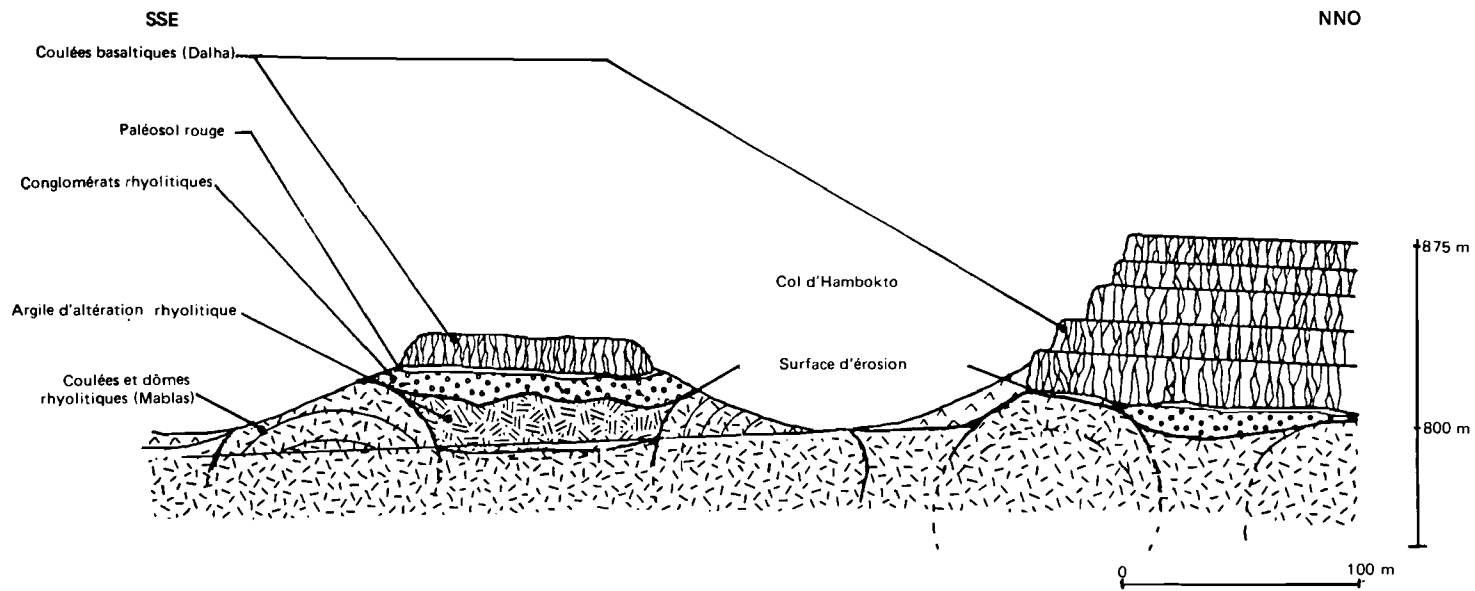


Fig. 10 : Coupe au col d'Hambokto montrant la discordance entre les formations du Dalha et des Mablas, marquée par la fossilisation d'un paléorelief et des conglomérats.

2. — Les formations du Miocène supérieur

β_D : LA SÉRIE BASALTIQUE DU DALHA.

Cette unité regroupe les formations de Maryan 'Ad et de Galemi (C.E.G.D., 1975). Elle correspond en fait à la formation du Dalha définie au nord de Tadjoura par MARNELLI et VARET (1973) et BARBERI et al. (1975). Les âges de cette unité obtenus de part et d'autre du golfe de Tadjoura varient de 8,9 MA à 3,8 MA.

Elle affleure au sud de la route Djibouti-Dikhil, formant la couverture des massifs de Quoton (pendages ENE), Hadla (pendages NW), Galemi (pendages W) et Bour Ougoul (pendages NE). On la retrouve plus au nord dans la zone de Maryan 'Ad, ou formant des fenêtres dans la série stratoïde avec des pendages SW assez forts (35 à 45°) au sud-ouest du Gèddi Dage, en bordure du Ghoubbat, dans l'oued Éadayle et au pied du Éounda Hemed. Cette formation de 250 m (sud) à 400 m (bordure du Ghoubbat) d'épaisseur se caractérise par un empilement de coulées basaltiques discordantes sur les rhyolites des Mablas. Une coupe réalisée au pied du Éounda Hemed (fig. 11), montre une succession de blocs faillés et basculés ; chacun des compartiments est formé d'une superposition de coulées basaltiques avec parfois des intercalations d'épisodes lacustres P marqués par des dépôts calcaires et volcano-sédimentaires (cinérites, hyaloclastites remaniées).

Pétrographie

L'examen microscopique de ces roches montre des basaltes picritiques à phénocristaux d'olivine, et des basaltes, basaltes à andésine à structure microlitique porphyrique.

Géochimie

Les analyses chimiques (tableau III, annexe II) de ces basaltes montrent des basaltes et basaltes à andésine. Leur report dans le diagramme A.F.M. agrandi (fig. 12) en compagnie d'échantillons prélevés sur la carte de Tadjoura montre que cette série a un caractère analogue aux basaltes fissuraux anciens : intermédiaire entre les basaltes alcalins et les tholéïtes.

Géochronologie

Trois datations ont été effectuées sur la série : l'une au sommet dans l'oued Éadayle donne $7,2 \pm 0,6$ MA ; les deux autres concernent une coupe le long de l'oued Awreawsa Weyn où la base de la série a été datée à $7,9 \pm 0,6$ MA et le sommet à $5,2 \pm 1$ MA.

Tectonique

Cette unité, fortement entaillée par l'érosion, est très tectonisée mais différemment suivant les secteurs.

Au nord-ouest (pied du Éounda Hemed, bordure du Ghoubbat), le Dalha est affecté par de grandes failles normales N100 recoupant des directions plus anciennes N-S et N20.

Au nord-est, la direction principale N-S observée dans la région de Maryan 'Ad s'incurve vers l'est pour donner des directions pratiquement E-W dans le Bour Ougoul où elles recoupent des failles N-S, N20 et N40.

Dans la zone de Galemi et de Hadla, des failles E-W recoupent des directions N-S et N160 ; cependant ces dernières ont parfois rejoué, décalant les failles E-W.

Dans le secteur de Quoton, on observe des directions N-S, N20, N120 et N160. La direction N120 est la plus récente bien qu'elle puisse par endroits être affectée par le jeu de failles plus anciennes.

La fin de l'épisode du Dalha est marquée différemment suivant les régions. Dans

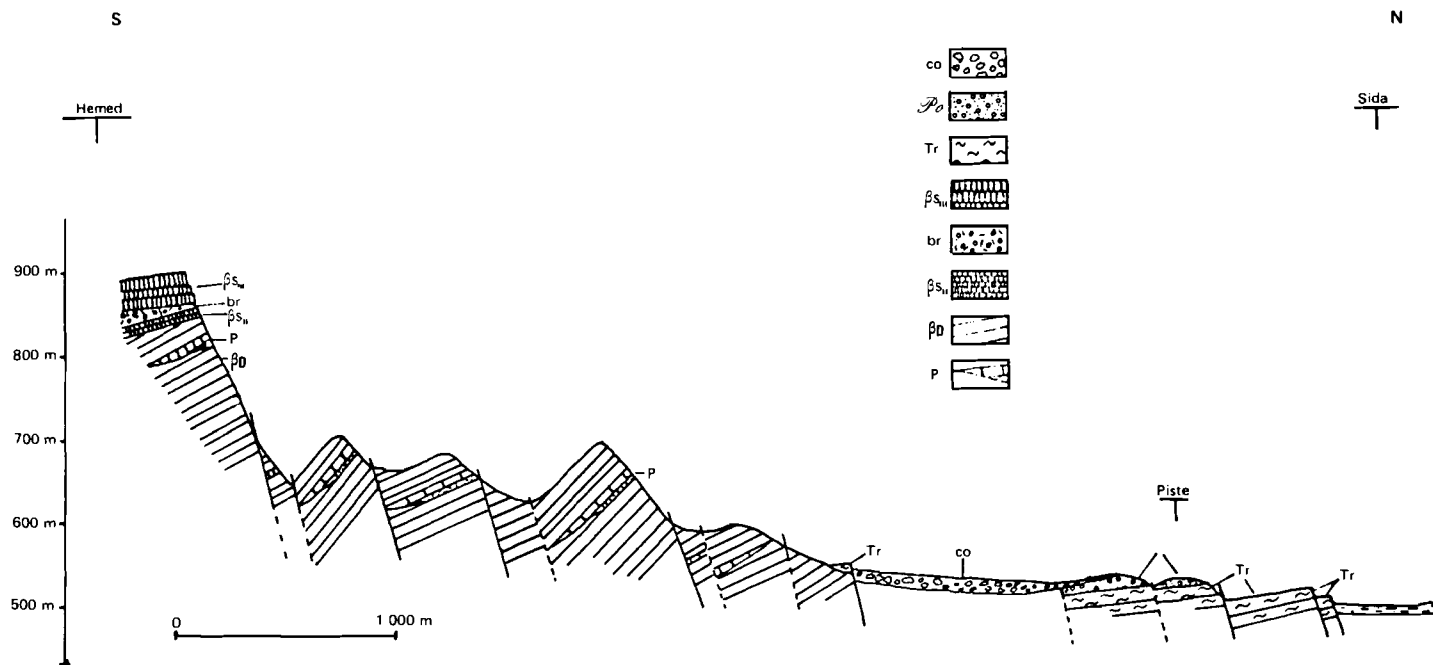


Fig. 11 : Coupe au nord du Éounda Hemed.

co : conglomérats de piémont ; Po : ponces ; Tr : roches intermédiaires ; β_{su} : stratoïde supérieure ; br : brèche autoclastique ; β_{sm} : stratoïde moyenne ; β_D : basaltes du Dalha ; P : volcanosédimentaire (calcaires lacustres, cendres, hyaloclastites remaniées).

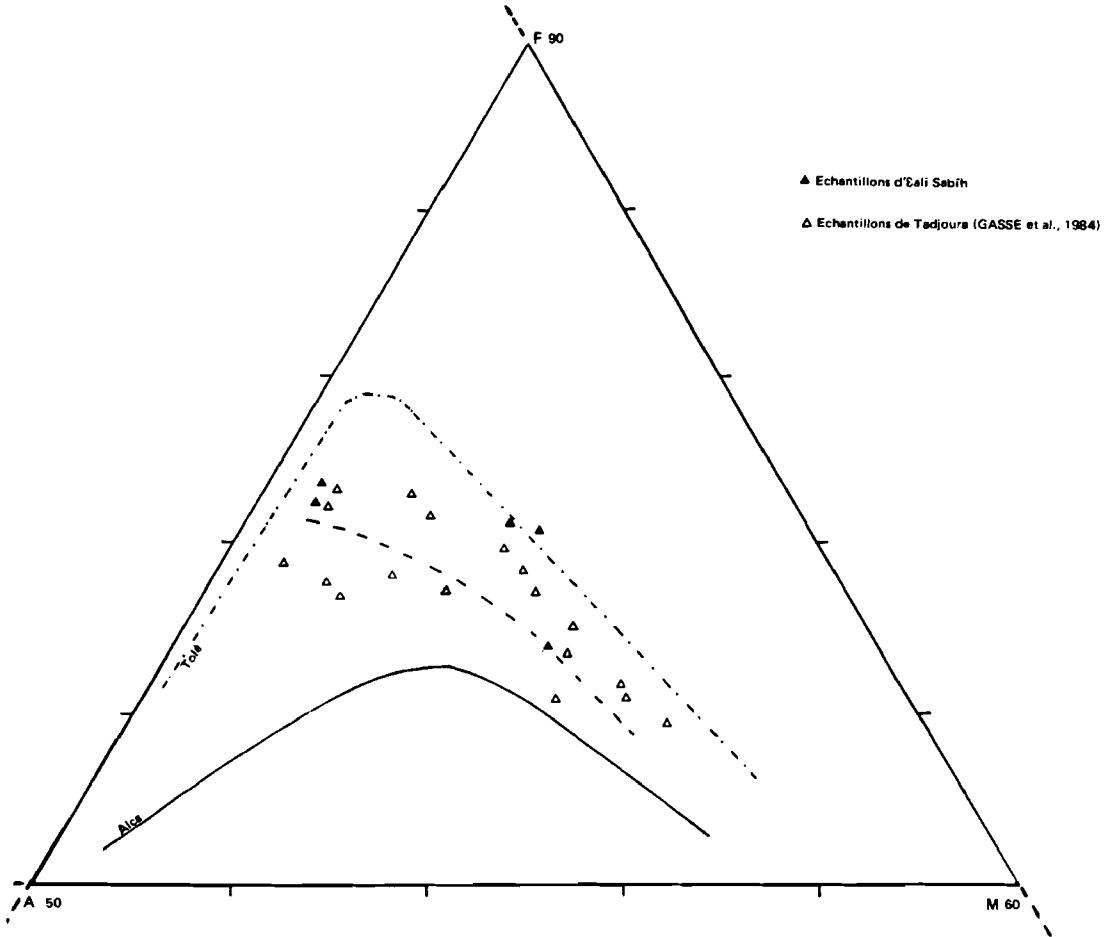


Fig. 12 : Analyses chimiques des basaltes du Dalha reportées dans le diagramme AFM agrandi.

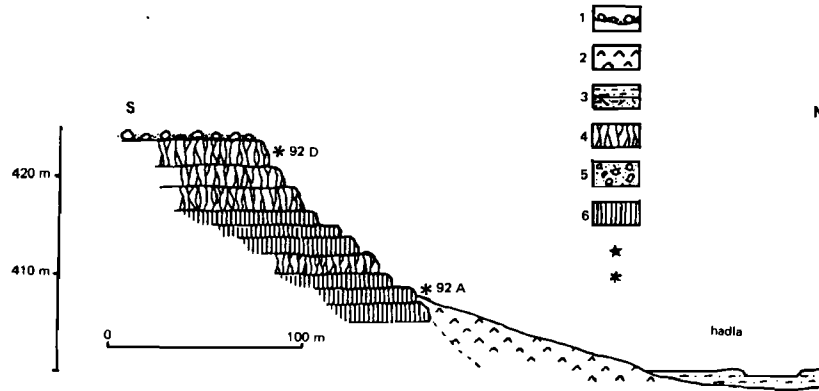


Fig.13 : Coupe dans les basaltes somalis (oued Hadla)
 1. reg, 2 éboulis ; 3. alluvions récentes, alluvions anciennes ; 4. ferrobasaltes ; 5. scories ; 6. basaltes à andésine.

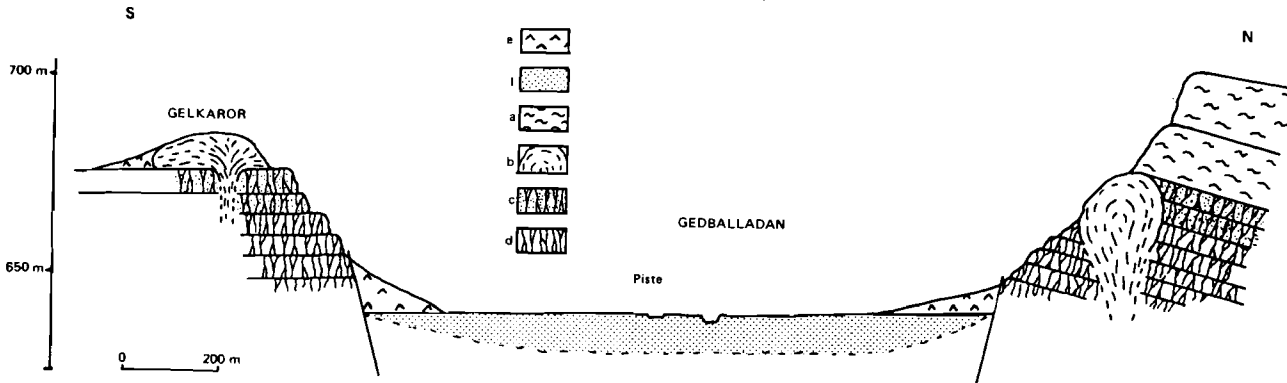


Fig. 14 : Coupe nord-sud dans la partie orientale du Petit Bara
 e : éboulis ; 1 : limons, argiles.
 Série de Ribta, a : coulées de trachy-rhyolites ; b : dômes trachy-rhyolitiques
 Série du Dalha, c : coulées de ferrobasaltes ; d : coulées de basaltes à andésine.

le secteur nord-ouest de la carte, on observe des conglomérats (oued Ĕadaylou, Sanquanin) entre la série du Dalha et la série stratoïde ainsi qu'une discordance angulaire qui témoignent de l'interruption de l'activité volcanique. Dans la moitié sud-est de la feuille, par contre, l'activité semble s'être poursuivie soit sous forme d'un volcanisme acide (rhyolites de Ribta et du sommet du Dalha), soit sous forme d'un volcanisme basaltique évolué (série somalienne).

Signification de cette série

Cette série basaltique marque une période de reprise de l'expansion dans l'axe des rifts de la région qui correspond avec la mise en place du plancher océanique dans le golfe d'Aden (LAUGHTON, 1970 ; BARBERI et VARET, 1975).

3. — Les formations du Pliocène inférieur et moyen

3.1. — τD : LES ROCHES ACIDES DU SOMMET DU DALHA

Les roches acides du sommet du Dalha τD affleurent dans la zone de Charbiyyo où elles constituent un massif assez important formé d'un empilement de coulées acides. L'examen des photos aériennes et les observations de terrain laissent penser que des coulées similaires surmontent certains sommets dans le secteur de Galemi où elles sont concordantes sur le Dalha (fig. 13). Il est possible que des coulées analogues couronnent les sommets du Quoton et Hadla mais nous ne les avons pas distinguées sur la carte. Une coupe effectuée à l'est du Petit Bara dans le secteur de Gedballadan (fig. 14) montre que la série du Dalha passe progressivement de basaltes à andésine à la base à des ferro-basaltes pour être couronnée par des coulées ou des dômes intrusifs de ces roches acides du sommet du Dalha.

Pétrographie

L'examen microscopique révèle que ces roches microlitiques, aphyriques la plupart du temps, parfois recristallisées sont des trachytes sombres, trachyrhyolites, rhyolites et plus rarement rhyolites hyperalcalines.

Géochimie

Nous n'avons analysé qu'un échantillon (tableau III, annexe II). Mais les études antérieures (RICHARD, 1979 ; GADALIA, 1980) montrent que ces rhyolites ont des compositions intermédiaires à acides comparables à celles des rhyolites des Mablars (fig. 15) et qu'elles dérivent des basaltes du Dalha par cristallisation fractionnée.

3.2. — ρR : SERIE DE RIBTA

Cette unité déjà signalée au nord de Tadjoura par MARINELLI, VARET (1972), BARBERI et al. (1975), GASSE et VARET (1978) ont été décrites par RICHARD (1979) et GADALIA (1980). Il s'agit d'émissions de roches acides terminant l'épisode du Dalha et indiquant des âges compris entre 4,6 et 3,3 MA.

La série de Ribta est représentée par des dômes, dômes-coulées, à débit en plaquettes, intrusifs et nettement discordants sur le Dalha. Elle affleure dans les zones de Koron, Gèddi Dage au nord ainsi qu'à Sanquanin (au nord de Koulamâle sur la carte de Tadjoura). Le paysage au niveau de Gèddi Dage (fig. 16) laisse voir des dômes rhyolitiques à débit en plaquettes, intrusifs dans le Dalha qu'ils recouvrent en discordance, alors qu'à l'ouest ces mêmes dômes sont ennoyés par la série stratoïde.

Pétrographie, géochimie

Les résultats trouvés pour les rhyolites de Ribta sont analogues à ceux décrits au paragraphe précédent pour les Roches acides du sommet du Dalha.

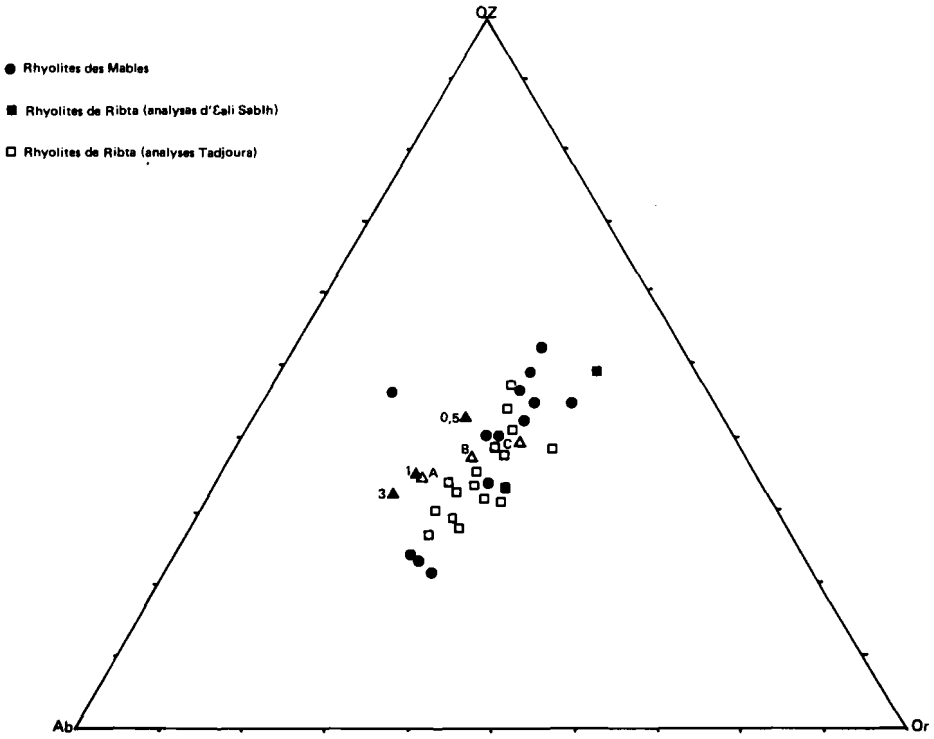


Fig. 15 : Diagramme Qz - Or - Ab des rhyolites d'Eali Sabih

Géochronologie

Les données bibliographiques confirment l'existence de cet épisode. BARBERI et al. (1975) signalent un trachyte sombre à 3,6 MA à Sandere (feuille de Tadjoura, en bordure de la carte d'Éali Sabîh) ; CHESSEX et al. (1975) indiquent un trachyte sombre à 4,6 MA surmontant les basales du Dalha, à l'est du Bara Yar. Il semble que la formation de Ribta soit légèrement plus récente que les Roches acides du sommet du Dalha (4,6 MA).

Tectonique

La formation est affectée, mais de manière moins intense, par la même tectonique que la série du Dalha. Les centres d'émission, dykes et dômes, sont situés sur les lignes de fracture ou à leurs intersections.

Signification de cette série

Les rhyolites de Ribta marquent un épisode de changement dans la tectonique régionale. Leur faible abondance relative indique plutôt un changement d'orientation des axes d'expansion qu'une véritable période de ralentissement de l'expansion.

3.3. — β_{so}^{1-2} : LA SÉRIE BASALTIQUE SOMALIENNE

Nous avons distingué cette unité sur la base de critères cartographiques, volcanologiques et tectoniques. Elle se différencie de la série du Dalha et de la série stratoïde de l'Afar par sa faible tectonisation et des basaltes initiaux par son érosion plus marquée. Elle correspond à la série de Lougag Éale (C.E.G.D., 1975) pour laquelle des âges de 6,3 à 5 MA avaient été trouvés par CHESSEX et al. (1975).

Elle affleure uniquement dans la partie est de la feuille, au sommet de plateaux isolés par l'érosion à Lougag Éale, Goumbour Alôl, Koulamâle. Elle s'épaissit vers l'est pour recouvrir le plateau oriental et celui de Digri, et s'étendre sur la feuille Loyada et vers la Somalie.

Il s'agit d'un empilement de coulées basaltiques émises à partir de fissures ou de centres situés sur les crêtes (Goumbour Alôl, Lougag Éale ou sur le plateau oriental. Elle est discordante sur les terrains sous-jacents, que ce soit les grès crétacés (zone d'Éasamo), les rhyolites des Mablas, les basaltes du Dalha ou même les rhyolites de Ribta (secteur de Koulamâle). Dans les coupes fournies par les différents oueds entaillant les plateaux, on peut observer jusqu'à une dizaine de coulées massives parfois séparées par des dépôts conglomératiques. Dans les deux coupes décrites (fig. 13 et 17) on observe une évolution à partir de basaltes, basaltes à andésine passant à des ferrobasaltes vers le sommet. Les coulées supérieures sont fréquemment altérées avec développement de boules de basalte et d'argiles rouges riches en gypse.

Pétrographie

L'examen microscopique montre des basaltes, basaltes à andésine souvent porphyriques à plagioclase (An_{50-70}), olivine (Fa_{10-40}), pyroxène, et des ferrobasaltes aphyriques à mésostase riche en fer.

Géochimie

L'analyse chimique (tableau IV, annexe II) de deux échantillons donne des compositions de ferrobasaltes avec des teneurs en silice relativement élevées par rapport aux autres unités basaltiques récentes (basaltes stratoïdes et basaltes initiaux). Cependant les données en notre possession ne sont pas suffisantes pour tirer des conclusions.

Géochronologie

En raison du petit nombre d'informations sur cette unité, quatre échantillons ont

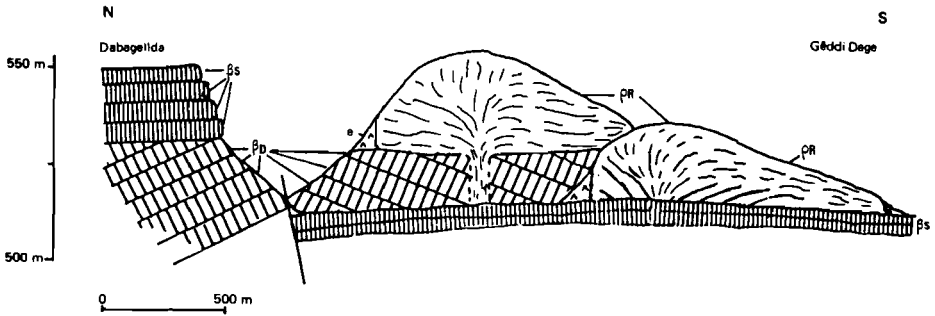


Fig. 16 : Paysage au niveau de Gêddi Dege.

e : éboulis ; β_s : basaltes stratoïdes ; ρ_R : rhyolites de Ribta (dômes, dômes-coulées) ; β_D : basaltes du Dalha.

* Analyse chimique

* Datation

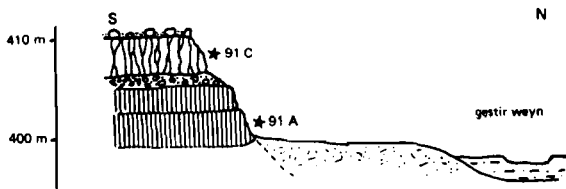


Fig. 17 : Coupe dans les basaltes somalis (Gêstir Weyn)

été datés. L'un (MAS 62), prélevé dans le Koulamâle, à la base de la série qui à cet endroit recouvre en discordance des rhyolites des Mablas surmontées de conglomérats, donne un âge de $4,6 \pm 0,5$ MA. Un autre (MAS 95), prélevé dans les coulées de plateaux couvrant les rhyolites des Mablas à Horror Yare, indique $7,1 \pm 1$ MA. Enfin deux autres échantillons prélevés dans une coupe de l'oued Hadla, l'un à la base (MAS 92 A), l'autre au sommet (MAS 92 E), indiquent respectivement $4,2 \pm 1$ MA et $3 \pm 0,6$ MA. Un cinquième échantillon prélevé sur la carte Loyada par O. RICHARD donne un âge de $5,8 \pm 0,1$ MA. Tous ces âges concordent avec ceux qui avaient été trouvés par CHESSEX à Soloead ($5 \pm 0,9$ à $6,3 \pm 1,2$ MA).

Tectonique

Seule la partie surélevée de cette unité, sans doute la plus ancienne (Lougag Éale, Goumbour Alôl, Koulamâle), est affectée par des failles. Les coulées plus récentes, affleurant dans les parties basses, masquent la tectonique sous-jacente dont elles ne témoignent que par des flexures ou des alignements de cônes de scories orientés E-W ou NE-SW.

Signification de cette série

Cette unité marque la stabilisation de la zone située à l'est de l'axe Éali Sabîh-Daba Horrone, probablement en liaison avec le développement des axes d'expansion plus à l'ouest à l'intérieur de l'Afar Central.

4. — Les formations du Plio-Pléistocène : la série stratoïde de l'Afar

Cette série, à dominante basaltique, à laquelle sont associés des centres volcaniques rhyolitiques et des roches intermédiaires, recouvre la plus grande partie de l'Afar mais n'affleure que dans le tiers nord-ouest de la feuille Éali Sabîh.

4.1. — β_{s_1} , $\beta_{s_{II}}$, $\beta_{s_{III}}$: LES BASALTES STRATOÏDES

Il s'agit d'un empilement de coulées de basaltes inclinées vers le sud-ouest avec des pendages faibles (10° au maximum), s'épaississant vers le nord pour atteindre jusqu'à 200 m d'épaisseur dans les falaises du Sud Ghoubbat (oued Éadayle) et plus encore vers l'ouest à l'intérieur de l'Afar sur la feuille de Dikhil. Cette série s'amincit vers le sud et vers l'est où elle n'est plus représentée que par quelques coulées. Dans la région, son âge varie de 3 à 1,5 MA. Sur le territoire de Djibouti, nous l'avons subdivisée en trois unités ; sur la feuille d'Éali Sabîh seules les parties inférieure et moyenne affleurent, la série supérieure n'apparaissant que plus à l'ouest (feuille Dikhil).

Les basaltes stratoïdes inférieurs β_{s_1} sont représentés par un petit nombre de coulées recouvrant la formation du Dalha sur certains sommets du Quoton, Hadla, Galemî et Bour Ougoul. On les retrouve dans l'Éounda Hemed et dans la coupe de l'oued Éadayle où ils ont été datés à 2,8 MA ; ils ne sont formés que de l'empilement de quelques épaisses coulées séparées du Dalha par 25 m de conglomérats (fig. 18).

Les basaltes stratoïdes moyens $\beta_{s_{II}}$ couvrent une plus grande superficie et forment la couverture du Éounda Hemed et des Gablas. Leur âge varie de 2,7 à 1,5 MA. Ils peuvent atteindre 200 m d'épaisseur (oued Éadayle) en bordure du Ghoubbat où ils sont représentés par un empilement d'une cinquantaine de fines coulées sous-marines (fig. 18). Vers Garenlo et dans la falaise du Éounda Hemed (fig. 11) ces deux unités β_{s_1} et $\beta_{s_{II}}$ sont séparées par un épisode de hyaloclastites h_5 et de brèches autoclásticas. Dans l'oued Éadayle, elles le sont par une vingtaine de mètres de conglomérats. Plus à l'ouest sur la feuille Dikhil, les différents épisodes sont séparés par des intercalations de terrains sédimentaires lacustres.

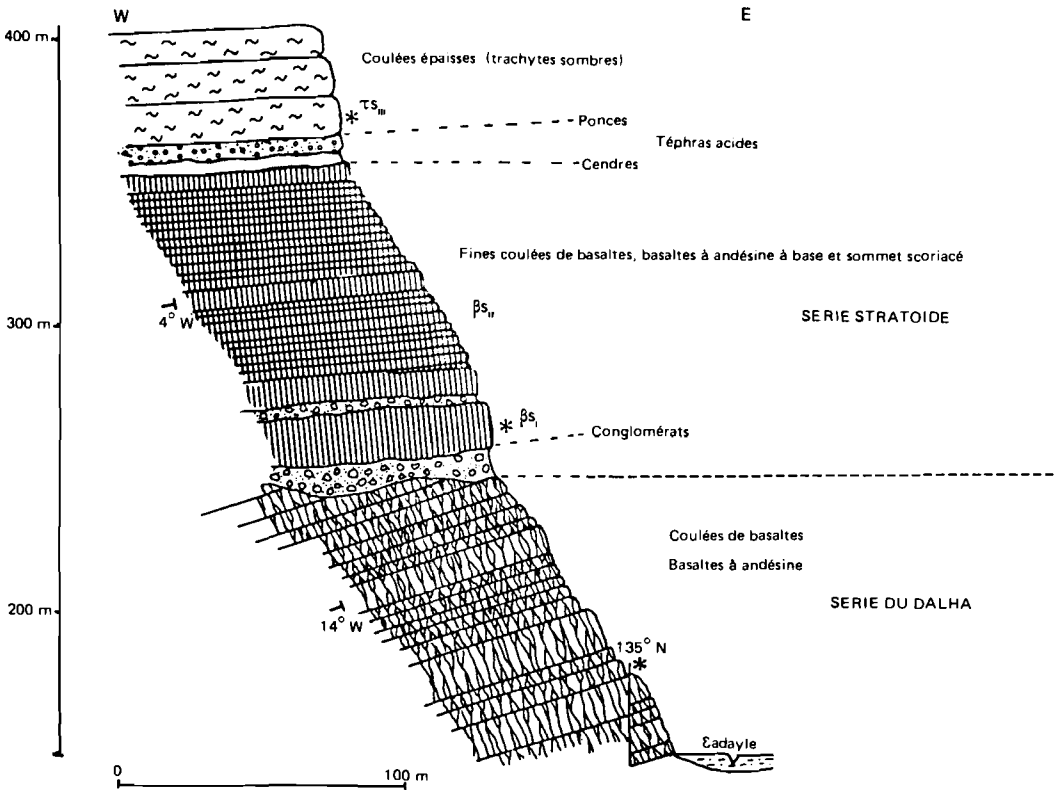


Fig. 18 : Coupe de l'oued ʿAdayle

Pétrographie

Ce sont principalement des basaltes à structure microlitique porphyrique, parfois doléritique ; on rencontre aussi quelques basaltes et ferro-basaltes. Ils contiennent des phénocristaux de plagioclases (An_{60-70}) et d'olivine (Fe_{20}) avec parfois de l'augite titanifère. D'après les données géochimiques sur le reste de l'Afar (BARBERI et al., 1975), il s'agit de basaltes transitionnels intermédiaires entre des tholéiites et des basaltes alcalins.

Géochronologie

Leur âge varie dans cette zone de 3 à 1,5 MA.

Tectonique

Dans toute le secteur nord-ouest d'Ēali Sabīh, l'activité volcanique s'est interrompue entre les dernières émissions de la série du Dalha et les premières émissions de la série stratoïde. La série du Dalha a connu une importante phase d'érosion marquée par la formation de conglomérats recouverts en discordance par la série stratoïde inférieure.

Aux alentours de 3 MA, après mise en place de la série stratoïde inférieure, la zone de Quoton, Galemi, Bour Ougoul a connu une importante phase tectonique marquée par un soulèvement du Dalha et de la série stratoïde inférieure. Une nouvelle phase d'érosion marquée par des conglomérats (Ēadayle, Sanquanin) a ensuite pris place avant l'émission de la série stratoïde moyenne qui est venue soit recouvrir la série du Dalha et la série stratoïde inférieure (Nord Ghoubbat), soit enlever les reliefs qui avaient été soulevés à l'est. Cette mise en place, contemporaine de la formation du rift Ēasal, s'est accompagnée de soulèvements et basculements le long de lignes tectoniques NW-SE parallèles à l'axe du rift actuel.

Signification de cette série

Bien que peu développée sur la feuille Ēali Sabīh, rappelons que cette série, très puissante et étendue dans le centre de l'Afar, correspond au « plancher océanique » construit au cours des trois derniers millions d'années dans la région émergée du rift Mer Rouge-Golfe d'Aden.

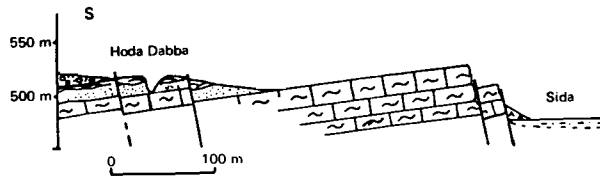
4.2. — ρ_{s_m}, τ_{s_m} : LES CENTRES VOLCANIQUES ACIDES

Sur cette carte, un seul de ces centres liés à la série stratoïde affleure au nord-ouest, constituant le massif d'Egercaleyta. Il est rattaché à la partie supérieure de la série stratoïde en raison des âges trouvés (1,4 à 0,7 MA).

Plusieurs coupes N-S (fig. 19) réalisées à partir du Ēounda Hemed jusqu'à la plaine d'Ēasa Ragid en bordure sud du Ghoubbat montrent bien la succession des épisodes éruptifs :

- phase de mise en place de quelques coulées de roches intermédiaires (trachytes sombres, trachy-rhyolites) surmontant la série stratoïde ;
- gros épisode explosif marqué par l'émission et le dépôt de « pumice flows » ;
- enfin, phase effusive avec mise en place de dômes rhyolitiques émis à partir des failles bordières du Ghoubbat.

Les roches intermédiaires τ_{s_m} donnent un âge de $0,76 \pm 0,05$ MA à la base (Ēadayle). Ce sont d'épaisses coulées (20 m) de trachytes sombres et trachy-rhyolites. On peut les confondre avec les basaltes en raison de leur couleur et de leur grande fluidité. Cependant la présence de structures de flux, d'une semelle vitreuse, et leur débit en plaquettes ou en petits pavés permet de les différencier sur le terrain.



- a
- b
- c
- d
- e
- f
- g

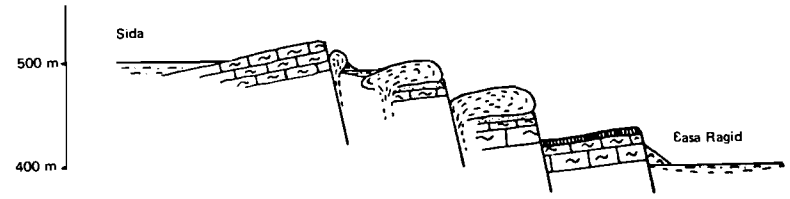
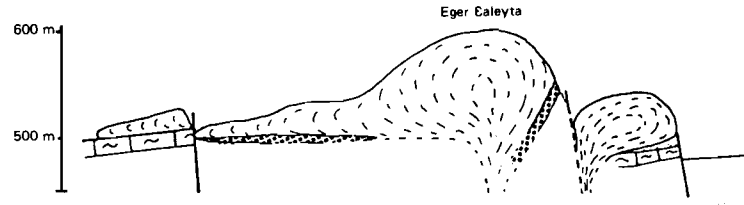


Fig. 19 : Coupes nord-sud de Hoda Dabba à Casa Ragid

a : éboulis ; b : limons ; c : conglomérats ; d : dôme de rhyolite, base de perlite ; e : ponces avec surges ; f : roches intermédiaires ; g : coulée de basalte.

Les roches acides $\rho_{S_{III}}$ forment des dômes et dômes-coulées à structure concentrique ainsi que des coulées et des intercalations de ponces. Une datation réalisée sur la bordure d'obsidienne de l'un de ces dômes donne un âge radiométrique de $0,8 \pm 0,1$ MA. On note cependant deux affleurements particuliers : l'un au nord de la plaine de Sida où affleurent des scories acides liées à un centre émissif ; l'autre au sud-ouest de cette plaine dans l'oued Hoda Dabba en bordure de la piste de Kousour Kousour où l'on observe une formationponceuse relativement étendue de 25 à 30 m d'épaisseur.

Pétrographie

Au microscope, les roches intermédiaires ont une structure microlitique fluidale souvent aphyrique. Elles peuvent contenir des microphénocristaux de plagioclase, pyroxène, opaques, apatite, parfois d'olivine ferrifère (Fe_{60-70}), rarement de quartz dans une mésostase riche en minéraux opaques.

L'examen microscopique des roches acides révèle des rhyolites et rhyolites hyperalcalines. Les rhyolites alcalines ont généralement une structure microlitique fluidale avec des microphénocristaux de plagioclase (oligoclase sodique), anorthose, pyroxène, olivine (Fe_{90}), opaques et apatite. Les termes hyperalcalins sont la plupart du temps hyaloporphyriques, parfois perlitiques à microphénocristaux d'anorthose, d'aegyrine, d'opaques avec parfois du quartz et de l'aenigmatite.

Tectonique

La série stratoïde est affectée par de grandes failles normales sinusoïdales, de direction principale N 120. Mais on observe aussi quelques failles N-S et des directions NW-SE soulignées par des alignements de buttes de basalte prismé représentant sans doute des centres effusifs. Le nombre et le rejet des failles principales N 120 augmente vers le nord à l'approche du Ghoubbat et de la zone d'Éasal. L'accroissement du pendage vers la base et l'augmentation de l'épaisseur de la série au pied de plusieurs escarpements de failles (ouest de l'oued Éadayle), indiquent que « la formation des failles et le basculement des blocs semblent avoir été continus lors de la mise en place de la série » (VARET et GASSE, 1978).

Signification de cette série

Ce volcanisme rhyolitique se développe dans les zones de croisées tectoniques et marque une réorganisation des axes d'expansion de la zone. Ces centres affleurent de part et d'autre du rift d'Éasal et précèdent la mise en place de la dorsale le long de cet axe.

5. — Les formations volcaniques du Quaternaire

β_i : **BASALTES INITIAUX DES BORDURES DU GOLFE ET**
 β_G : **BASALTES DES MARGES EXTERNES D'ÉASAL**

Ces formations, définies par RICHARD (1979) et STIELTJES (1973), n'affleurent qu'au nord de la carte. Il s'agit d'un empilement de fines coulées basaltiques récentes de faible épaisseur (25 m). Elles affleurent en bordure sud du Ghoubbat et de Weea où elles viennent combler des vallées (fig. 20). Ces unités sont affectées sur cette carte par une tectonique N110 liée au mouvement d'extension et aux affaissements dans le Ghoubbat. Au nord du Fare du Ghoubbat, on observe des fissures ouvertes qui pourraient être des points d'émission. Du point de vue pétrographique, il s'agit de basaltes à phénocristaux de plagioclase et d'olivine. Les analyses chimiques effectuées (tableau IV, annexe II) montrent qu'il s'agit de basaltes, basaltes à andésine. Le diagramme A.F.M. agrandi indique que ces basaltes ont un caractère nettement tholéitique (fig. 21).

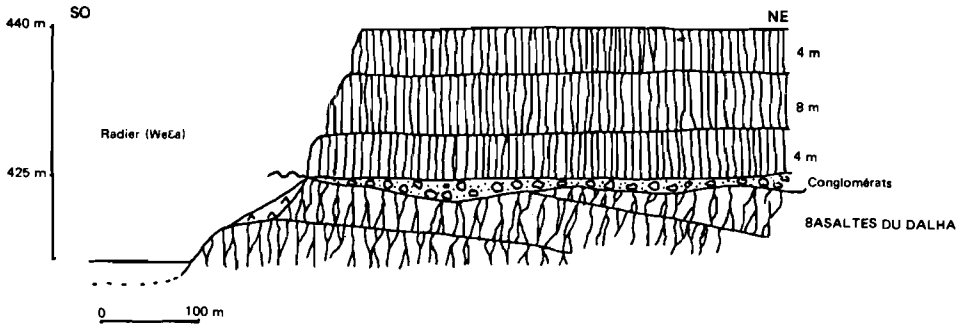


Fig. 20 : Coupe vers Hadji (ouest de Weca)

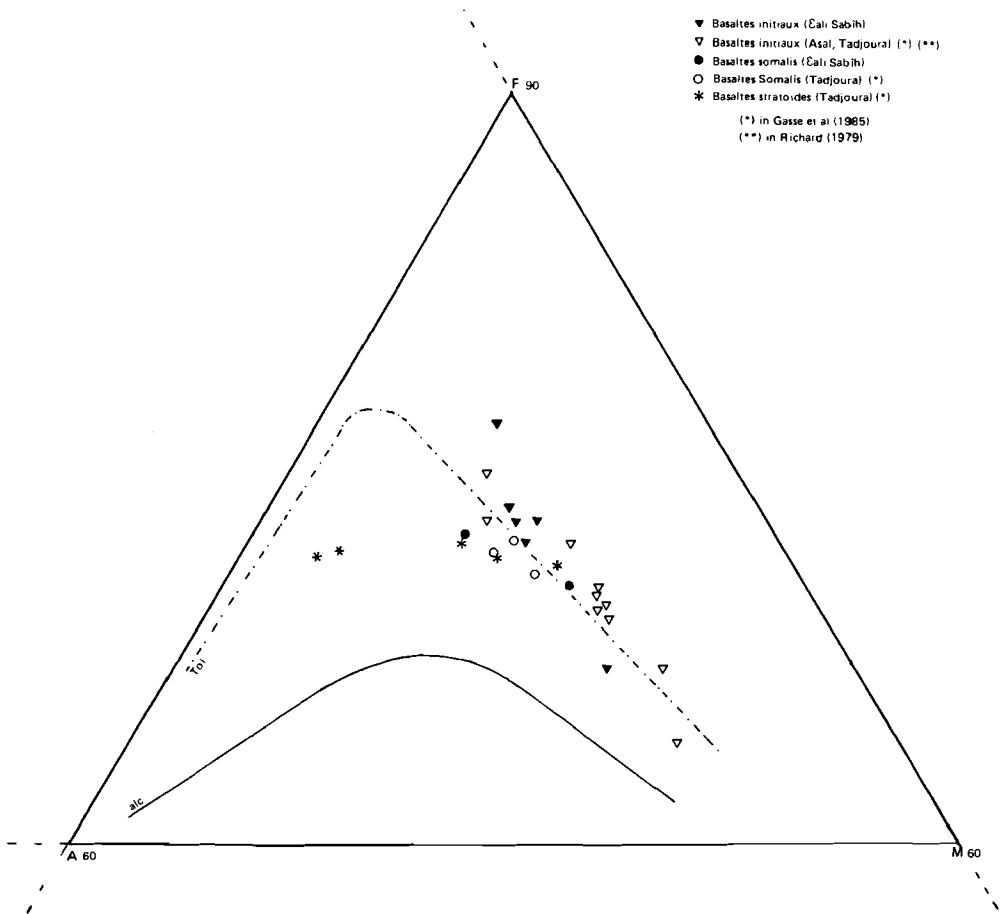


Fig. 21 : Diagramme AFM agrandi des basaltes plio-pléistocènes.

Signification de cette série récente

Ces séries marquent la pénétration de la dorsale océanique du golfe d'Aden et du golfe de Tadjoura vers l'ouest, à l'intérieur de l'Afar. Elles se caractérisent par des basaltes à caractère tholéiitique, typiques de ce magmatisme.

**LEGENDE LITHOLOGIQUE
RELATIVE AUX COUPES RÉALISÉES DANS LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES**



Gypse



Dolomies, calcaires dolomitiques



Calcaires oolitiques ou à oolites



Calcaires à coraux



Calcaires bioclastiques ou à bioclastes



Calcaires à silex ou à nodules cherteux



Calcaires gréseux



Calcaires marneux



Marnes



Limons



Grès de grain moyen à fin ou sables (formations plio-quaternaires)



Grès à dragées de quartz, microconglomérats ou sables conglomératiques



Conglomérats



Roches volcaniques (non différenciées)



Ammonites



Traces de racines

N.B. Pour les coupes géologiques, ont été portés :

- les coordonnées UTM DE LA CARTE IGN à 1:100 000 de Eali Sabîh
- les hauteurs de coupe en mètres
- les numéros des échantillons étudiés (RAS).

LES FORMATIONS SEDIMENTAIRES

1. — Les formations anciennes

Située au sud d'Éali Sabîh, la terminaison nord du horst éthiopien d'Aïsha forme un massif d'allure anticlinale, au cœur de l'ensemble volcanique et couvre environ 250 km².

Ce môle sédimentaire est structuré par des failles majeures de direction NW-SE ; le compartiment situé le plus à l'ouest présente la série sédimentaire la plus complète. A l'affleurement, 80 % de la surface est occupée par des grès.

L'établissement de coupes stratigraphiques de référence est rendu difficile par :

- la densité des failles de directions N-S, SW-NE, W-E qui hachent le secteur ;
- la présence de sills, dykes et autres intrusions basaltiques d'âge Miocène injectés dans la série sédimentaire ;
- l'existence de phénomènes d'érosion à l'intérieur de la série.

D'autre part, les lithofaciés présents ne sont pas favorables à des datations paléontologiques précises. Néanmoins, on peut distinguer six unités lithologiques et établir entre elles les relations décrites dans le tableau suivant.

| UNITES LITHOLOGIQUES | INDICE ET ETAGE STRATIGRAPHIQUE |
|--|--|
| | érosion |
| Grès d'Éali Sabîh ** = Grès II * | C Crétacé |
| ----- | |
| | discordance de ravinement |
| | phase de déformation (?) |
| Grès et calcaires gréseux = Grès I + Calcaires gréseux * | n ? |
| ----- | |
| | discordance de ravinement ----- |
| Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies = Marnes, dolomies et gypse * = Calcaires supérieurs ** | j ⁹ _b |
| Calcaires compacts ** = Calcaires massifs * | j ⁹ _a |
| Calcaires gréseux à ammonites = Marnes gréseuses * = Calcaires à ammonites ** pro parte | j ⁸ Tithonique ↑ Kimmeridgien |
| Calcaires massifs pyriteux = Calcaires inférieurs * | j ⁷ |

SUBDIVISIONS DE LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE

* d'après C.E.G.D. (1974)

** d'après DREYFUSS (1932)

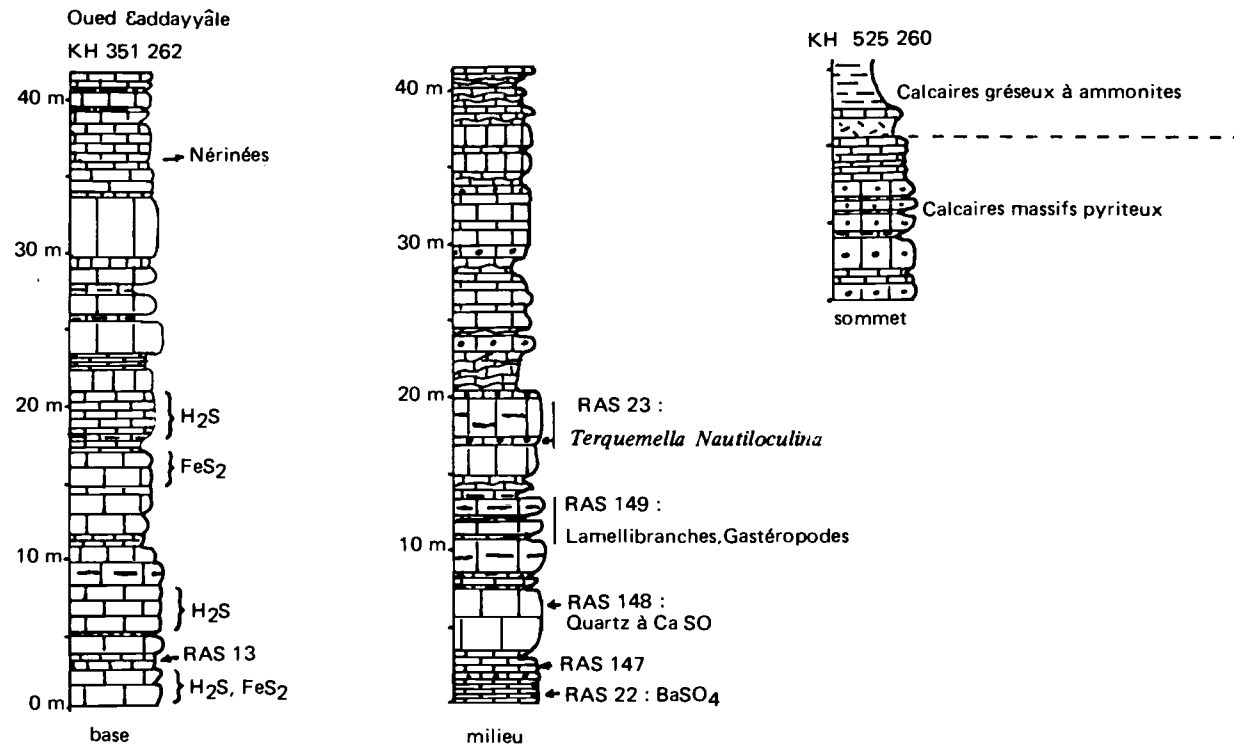


Fig. 22 : Calcaires massifs pyriteux.

De par l'imprécision des limites chronostratigraphiques, il est difficile d'attribuer un véritable nom de formation à chaque subdivision lithologique. Seul le terme « Grès d'Āli Sabīh » est reconnu dans la littérature. Aussi, après description de chaque unité, sera discutée sa relation avec les formations reconnues :

- à la frontière Ethiopie-Somalie, dans le secteur d'Aisha-Borama (ABBATE et al., 1974) ;
- sur la côte somalienne du golfe d'Aden, au sud de Berbera (BRUNI et FAZZUOLI, 1978, 1980 ; ABUCAR MOHALLIM HASSAN, 1977).

1.1. — j⁷ : CALCAIRES MASSIFS PYRITEUX

Au cœur du massif ancien, ils constituent un petit relief, d'une surface égale à 1 km² environ, isolé au milieu des intrusions basaltiques miocènes et ils sont en contact par faille avec les Calcaires compacts j⁶ qui forment le sommet du Warābaley.

La base de cette unité est inconnue. Son épaisseur est supérieure à 90 m.

Des coupes effectuées en rive droite de l'oued Ādayale (fig. 22) montrent une évolution de la série depuis des termes à faciès de lagune confinée vers des roches à faciès de bordure de plateforme ou à faciès néritique.

- Vers la base, prédominent des calcaires noirs micritiques, légèrement fétides (présence de H₂S), à cubes de pyrite, en bancs épais métriques, parfois laminés. Des nodules ou des lits chertueux sont présents dans ces niveaux.
- Plus haut dans la série, la tendance évaporitique du milieu de sédimentation est marquée par la présence de microcristaux de quartz pyramidé à inclusions d'anhydrite dans les calcaires gris micritiques, et l'existence de microfissures à remplissage barytique.
- L'atténuation du confinement est marquée par la plus grande fréquence et la variété faunistique des niveaux fossilifères : calcaires micritiques ou microsparitiques à algues (*Terquemella*), échinidés, coraux, gastéropodes (nérinées), lamelibranches (ostreidés), foraminifères. Des calcaires bioclastiques, à oolites, pelotes, esquilles de quartz détritiques, se présentant en bancs massifs, alternent avec des calcaires micritiques à débit en rognons ou en amandes. Le milieu de sédimentation oscille d'un pôle « moyenne énergie » à un pôle « basse énergie ».

Ni les fossiles trouvés, ni les associations ne sont caractéristiques d'un étage déterminé. Cette unité étant recouverte par les Calcaires gréseux à ammonites dont la base est datée du Kimméridgien moyen, on peut attribuer aux Calcaires massifs pyriteux un âge Kimméridgien à Oxfordien.

Ils correspondraient :

- à la partie supérieure de la formation des Calcaires d'Antalo datés Bathonien à Kimméridgien inférieur dans la région du Harar (FICCARELLI et al., 1975) ;
- à la partie supérieure des Calcaires de Sa Wer, d'âge Callovien à Kimméridgien inférieur dans le secteur de Borama (ABBATE et al., 1974) ;
- aux Calcaires de Wanderer, d'âge Kimméridgien (MACFADYEN, 1933).

1.2 — j⁸ : CALCAIRES GRESEUX A AMMONITES

Cette formation est étroitement localisée à la vallée de l'oued Ādayale, à une bande de terrains comprise entre les Monts Arrey et le Warābaley. Des lambeaux de cette série sont coincés dans les failles N-S qui mettent en contact les Calcaires massifs pyriteux et les Calcaires compacts (KH 535 258).

Leur limite inférieure est visible en rive gauche de l'oued Ādayale, en contrebas de la piste chamelière (KH 525 260, fig. 22) et dans un compartiment du massif constitué par les Calcaires massifs pyriteux (KH 522 262).

Le contact avec les Calcaires compacts est observable à la base de la falaise sommitale du Warābaley : les calcaires reposent de façon concordante sur 1,50 m de grès fins à ciment calcaire, se débitant en pavés réguliers de 20 cm d'épaisseur.

Les coupes de situation (fig. 23) montrent que des intrusions de type sill et dyke recouperont la série. Les bancs séparés par les sills ont gardé le même pendage (10° N 290). Si on fait l'hypothèse que les sills se sont uniquement injectés entre les bancs, l'épaisseur cumulée des différents bancs atteindrait 30 à 40 m.

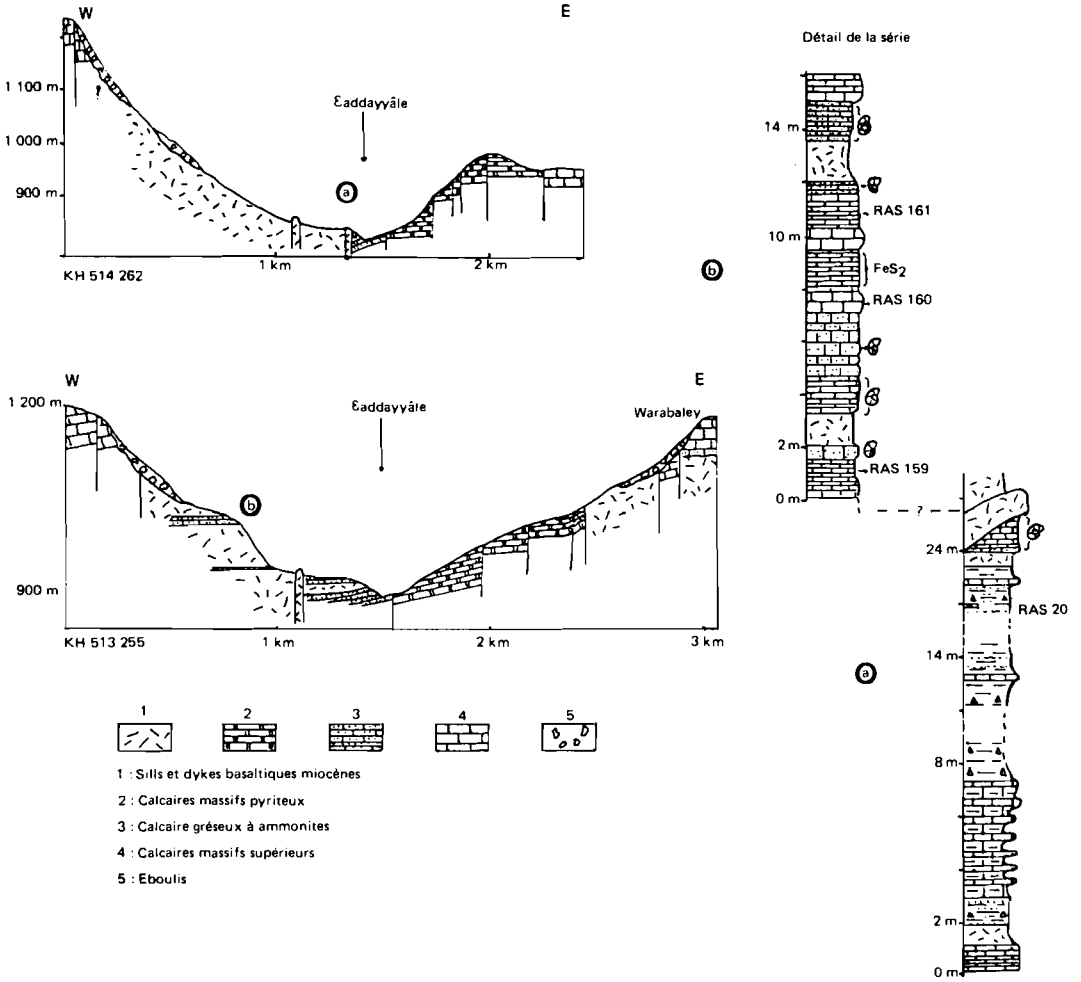


Fig. 23 : Calcaires gréseux à ammonites

Ces calcaires présentent plutôt des faciès de lagon confiné.

Depuis la base de la série, on distingue :

- (fig. 23, coupe a) des marnes gréseuses noires, pyriteuses et à efflorescences de gypse (1 m) qui passent progressivement
- à des alternances décimétriques de calcaires marneux noirâtres feuilletés et de calcaires noirs massifs à pyrite disséminée (5,50 m) ;
- des séquences métriques de calcaires marneux noirâtres, pyriteux, couronnés de bancs décimétriques plus durs de calcaire jaune vacuolaire et gypsifère (5 m) ;
- un nouvel ensemble de bancs décimétriques de calcaires marneux pyriteux, à fissures remplies de calcite sparitique blanche, de marnes gréseuses à efflorescences de gypse (10 m) ;
- des calcaires marneux, pyriteux, feuilletés à laminés (1,50 m) ;
- (fig. 23, coupe b) des calcaires gréseux, durs, jaunâtres ; ils contiennent des ammonites de couleur noire, complètement écrasées ; ils se débitent en dalles régulières, d'épaisseur centimétrique à décimétrique.

Dans tous les termes de la série, est disséminée une fine phase détritique constituée de quartz et accessoirement d'orthose. L'illite est le seul minéral argileux décelé.

Les bancs pris entre les sills basiques ont été affectés par un métamorphisme de contact. Macroscopiquement, les calcaires ont acquis une cassure miroitante, correspondant à la recristallisation de la calcite. Les roches calcaires impures se sont transformées en cornéennes calciques, reconnaissables à leur patine verte ou noire, leur aspect laminé, jaspé, leur éclat gras ou satiné ; leur structure microscopique a été profondément modifiée : la matrice calcaire a recristallisé, des lits à grenats calciques, idocrase et épidotes se sont formés.

Une faune variée s'associe aux faciès calcaires (DREYFUSS, 1932 ; C.E.G.D., 1974) : ammonites, aptychi, lamellibranches (*Aulacomyella farguharsoni*), éponges, crinoïdes (Saccocomidés), vertébrés (poissons).

L'abondance et la variété des ammonites permet de déterminer un âge Kimmeridgien moyen - Tithonique (C.E.G.D., 1974). En effet, dès la base de la série, existe *Subplanites aff. spathi*, caractéristique du sommet du Kimmeridgien moyen, alors que vers le sommet de la série apparaissent *Parapallasiceras Spath.* et *Sublithacoceras Spath.* qui appartiennent au Tithonique inférieur.

Cette formation correspond donc *pro parte* aux Shales de Daghani définis par MACFADYEN (1933), dont la base appartient au Kimmeridgien inférieur, caractérisé par *Aspidoceras mombanense*, et le sommet au Kimmeridgien moyen (*Subplanites spathi*). Les deux coupes les plus proches montrant cette formation entière, Sa Warabis et Gerigoan, au sud-est de Aisha, donnent respectivement 95 m et 70 m d'épaisseur pour ces Shales de Daghani (ABBATE et al., 1974).

1.3. — J⁹_a : CALCAIRES COMPACTS

Ils occupent de larges surfaces, constituant :

- des séries monoclinales à faible plongement nord (crêtes frontalières des Monts Arrey), compartimentées par des failles de direction N-S ;
- des falaises dont la base est noyée sous les éboulis ou les blocs écroulés, par exemple au sommet du Warâbaley.

Ils se présentent en grandes dalles épaisses de calcaire à patine grise, diaclasées, dont la surface est souvent lapiazée.

Trois coupes (fig. 24) permettent d'observer l'évolution de la série :

- la coupe a sur le flanc sud du mont Warâbaley montre la base de l'unité, concordante sur les Calcaires gréseux à ammonites ;
- la coupe b sur le versant nord des monts Arrey, le « milieu » de la série ;
- la coupe c réalisée dans le secteur de l'oued Dalhawley, le sommet des Calcaires compacts et leur passage aux Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies.

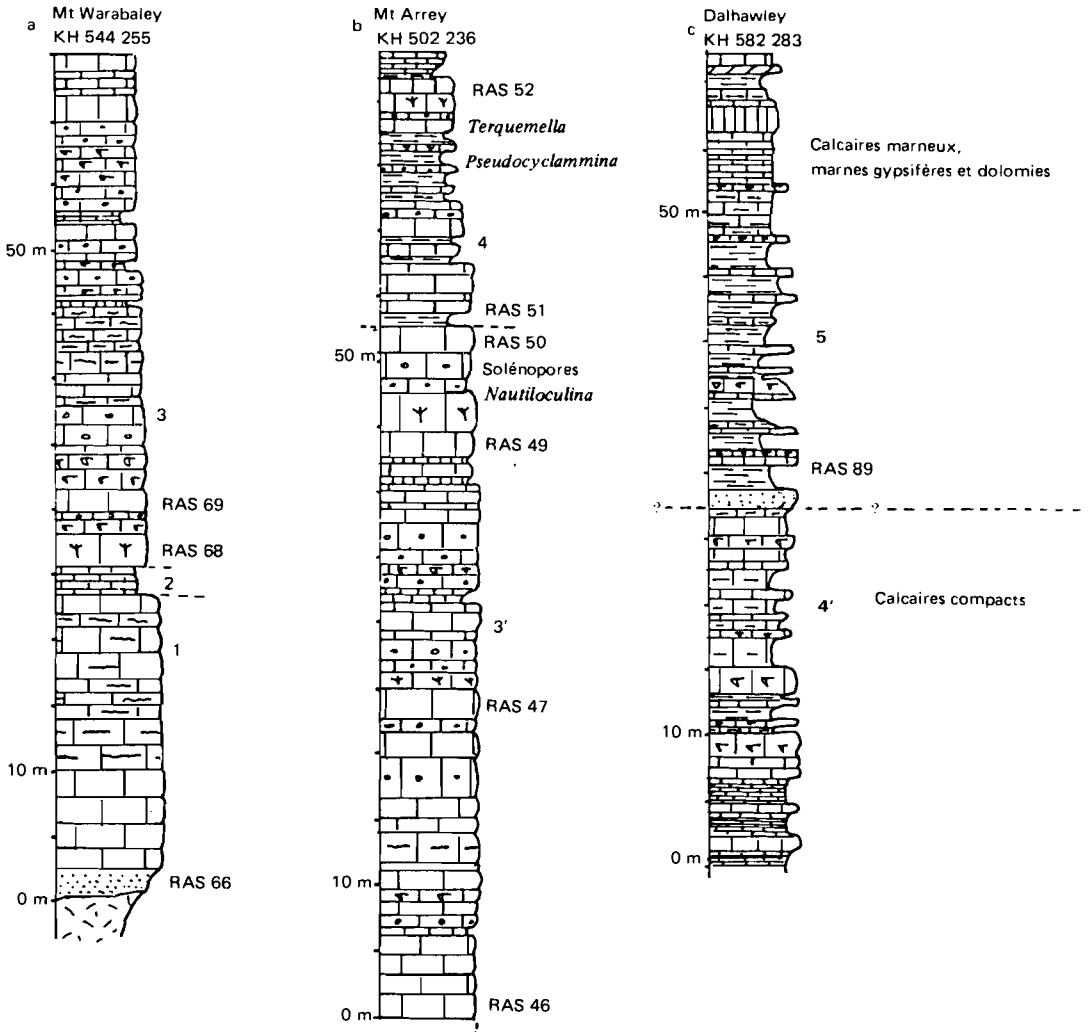


Fig. 24 : Calcaires compacts ja

- coupe a

- 1 - sur des grès fins blancs, en lits réguliers de 20 cm d'épaisseur et à débit en pavés, repose, de façon concordante, une masse de calcaire à patine rousse, fin, régulièrement stratifié en bancs de 2 m de puissance. Quelques niveaux contiennent des nodules cherteux (20 m) ;
- 2 - des calcaires micritiques et contenant quelques bioclastes leur succèdent. Les bancs sont beaucoup moins épais, inférieurs à 0,50 m. Quelques lits ondulés sont séparés par des joints marneux (3,50 m).
- 3 - des calcaires à bioclastes et oolites apparaissent (30 m). Le plus souvent, les bancs, micritiques à leur base, se chargent en éléments figurés vers leur sommet. Quelques silix accidentent ces niveaux ; parfois se reconnaissent des moulages de gastéropodes silicifiés. Les bancs sont toujours massifs.
En lame mince, notons l'existence d'oolites composés : de forme sphérique ou ovoïde, à cortex mince ou épais, et à nucléus de nature variée (bioclaste, foraminifères, lithoclaste calcaire) ; ils témoignent de la reprise de sédiments déjà indurés. Les éléments figurés, non jointifs, sont cimentés par une calcite microsparitique à sparitique.
Au sommet, des calcaires microsparitiques à éléments figurés dispersés alternent avec des calcaires micritiques de couleur beige à rosée (14,50 m).

- coupe b

Elle débute par un ensemble de calcaires gris, micritiques à micro-sparitiques, en bancs massifs et très durs (8 m).

- 3' - une alternance de calcaires micritiques gris clair et de calcaires à bioclastes et oolites dispersés leur succède (45 m). Des fragments coralliaires, des nérinées, des échinidés recristallisés, des algues (Solénopores), quelques foraminifères (*Nautiloculina*) sont identifiables. Des terriers, des pistes, remplis par un sédiment jaune légèrement silteux, s'observent à la base de certains bancs, et marquent de brefs arrêts de la sédimentation. On retrouve des lits à silix, des moulages de gastéropodes silicifiés.
- 4 - des niveaux de calcaires marneux apparaissent et la série évolue vers des séquences à deux termes : calcaires micritiques massifs, calcaires marneux à débit en rognons. La puissance des bancs diminue fortement, 30 cm en moyenne. Faune et flore restent diversifiées dans les lits les plus calcaires (20 m).

- coupe c

- 4' - des calcaires gris micritiques à bioclastes dispersés, en bancs massifs, alternent avec des calcaires gris micritiques en lits ondulés dont l'épaisseur n'excède pas 10 cm. Comme dans la coupe b, des calcaires marneux apparaissent ; puis des alternances de calcaires micritiques contenant quelques bioclastes et de calcaires marneux sans éléments figurés.
L'évolution se poursuit. La proportion de calcaire diminue fortement tandis qu'apparaissent des bancs de marnes noires à délit feuilleté ou bien esquilleuses. Il y a passage progressif à l'unité supérieure des Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies (5, fig. 24).
Dans ce cas particulier, on pourrait admettre que la limite supérieure des Calcaires compacts correspond au niveau de grès fin verdâtre, qui se débite en plaquettes centimétriques à surfaces micacées, du type grès de plaine côtière (25 m).

Un calcul approximatif de l'épaisseur accorde une centaine de mètres aux Calcaires compacts :

- à la base 20 m de calcaires massifs fins, avec lits cherteux ;
- 45 m d'alternances de calcaire micritique et de calcaire oolitique et bioclastique ;
- 30 à 40 m de série évoluant vers un pôle marneux.

Aucun des fossiles identifiés, foraminifères et algues calcaires, n'est caractéristique du Tithonique, mais :

- il y a concordance avec les Calcaires gréseux à ammonites dont le sommet est daté d'âge Tithonique ;
- il n'y a pas d'indices d'un arrêt important de la sédimentation ;
- ces faciès de type bordure de plate-forme se retrouvent dans les Calcaires de Gawan, datés du Tithonique (MACFADYEN, 1933 ; ABBATE et al., 1974).

1.4. - J⁹b : CALCAIRES MARNEUX, MARNES GYPSIFÈRES ET DOLOMIES

Cette unité n'est pas très développée à l'affleurement. Dans le compartiment ouest du « horst », elle forme une ceinture discontinue autour des Calcaires compacts des monts Arrey, avec des pendages semblables. Plus à l'est, elle apparaît en « fenêtres »

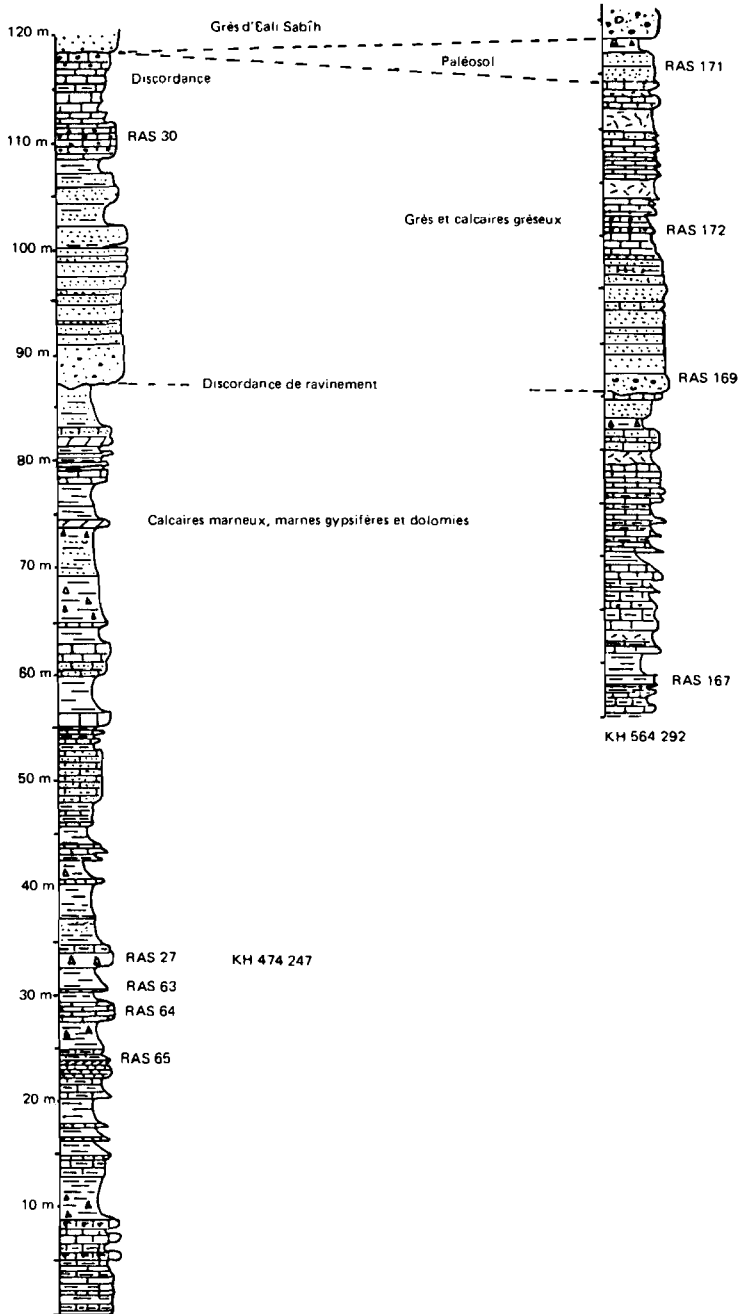


Fig. 25 : Relations entre les formations du sommet de la série jurassico-crétacée.

au milieu des Grès d'Éali Sabîh, dans le secteur compris entre les oueds Wada Weyn et Hassan Gouled ; ces affleurements sont très tectonisés et coupés par de grands dykes de directions NE-SW et NNW-SSE à NW-SE.

Le problème de la limite inférieure de cette formation a été abordé au paragraphe précédent. L'évolution continue de la lithologie ne permet pas de fixer une coupure nette et la continuité stratigraphique paraît certaine.

Deux observations permettent néanmoins de cerner cette limite :

- l'absence de tout calcaire à oolites ;
- la présence fréquente de gypse dans les marnes.

La coupe relevée à la source de l'oued Sofe (KA 474 247, fig. 25) est la plus représentative de cette unité. Les 90 m de la série se répartissent comme suit :

- à la base alternent régulièrement des bancs de calcaires micritiques gris à bioclastes et des calcaires marneux gris (7,60 m). Puis des marnes grises feuilletées, contenant quelques cristaux de gypse, remplacent les calcaires marneux (15 m) ;
- un premier niveau de dolomite jaune marque la tendance nouvelle de la série au confinement. Calcaires marneux et marnes grises feuilletées le surmontent ; la proportion de calcaire diminue et l'épaisseur des bancs calcaires se réduit à 20 cm en moyenne (10 m) ;
- un banc métrique de gypse blanc massif marque le maximum de confinement du milieu de sédimentation. Il s'agit de lits massifs de 5 à 20 cm d'épaisseur, séparés par des joints marneux noirs ; chaque lit est formé par la coalescence de gros nodules de gypse, de diamètre de 10 à 20 cm, dont les limites sont soulignées par des filets de marnes noires. Ce faciès suggère une cristallisation diagenétique précoce du gypse, les cristaux croissant au sein du sédiment gorgé de saumure. Mais ce gypse provient peut-être de l'hydratation d'un précurseur anhydritique ; des inclusions d'anhydrite sont dispersées dans les cristaux de gypse ;
- les alternances marno-calcaires reprennent. Le gypse apparaît en agrégats de petits cristaux automorphes au sein des marnes ou sous un faciès fibreux en remplissage de fissures et de joints de stratification. Des grains de quartz détritiques apparaissent dans les niveaux marneux (11 m) ;
- la phase détritique (quartz et accessoirement muscovite, orthose, microcline) devient abondante ; des limets de calcaires gréseux s'intercalent dans les marnes grises et deviennent progressivement prédominants (9,50 m) ;
- le haut de la série est constitué de marnes versicolores, verdâtres, jaunâtres, rouges ou lie-de-vin, gypsifères, de niveaux de grès fins à ciment carbonaté, contenant des débris végétaux carbonisés, et de quelques bancs de calcaire micritique à bioclastes.

L'épisode évaporitique a été retrouvé dans le secteur de l'oued Dadîn (KH 585 269) et de l'oued Dalhawley (KH 577 295). La fig. 25bis présente le détail de ces coupes.

Sur des calcaires micritiques à bioclastes reposent 2,50 m de gypse blanc massif. 4 m de marnes grises gypsifères et de calcaires marneux séparent ce niveau d'une autre masse de gypse, de même faciès (1,80 m). Puis les alternances calcaires-marnes reprennent. Un troisième banc gypseux présente un faciès différent des précédents : des lits de gypse alternent avec des limets calcaires. Plus haut dans la série, le gypse n'apparaît plus qu'en remplissage de fissures ou en petits cristaux isolés dans les marnes. Les bancs dolomitiques, toujours de faible épaisseur, s'intercalent dans la série au-dessus des masses gypseuses.

Les calcaires bioclastiques contiennent une faune et une flore marines : lamelli-branches, gastéropodes, fragments d'échinidés, algues calcaires, foraminifères (*Chofatella*, *Anchispirocyclina*, *Pfenderina*, *Everticyclammina*). Mais le contenu fossilifère n'a pas permis de préciser l'âge de cette unité, Tithonique probablement.

L'ensemble Calcaires compacts, Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies, équivaut-il à la formation des Calcaires de Gawan, qui représente tout le Tithonique dans les séries somaliennes les plus proches d'Éali Sabîh ? Dans les séries observées (Sa Warabis, Gerigoan, Gelwanajan), il n'existerait pas d'épisode évaporitique aussi net, mais le sommet de la formation y est inconnu (érosion). Par contre, le cumul des épaisseurs des Calcaires compacts et des Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies, soit 190 m environ, s'approche de l'épaisseur des Calcaires de Gawan : 150 m à Sa Warabis (ABBATE et al., 1974), 245 m à Bihendula (S.O.E.C., 1954), où la formation est complète. Il faut aller vers l'Ogaden pour trouver une masse de gypse au-dessus des calcaires tithoniques : la formation de Gabredarre (CLIFT, 1956 ; ABBATE et al., 1974), mais son sommet n'est pas daté.

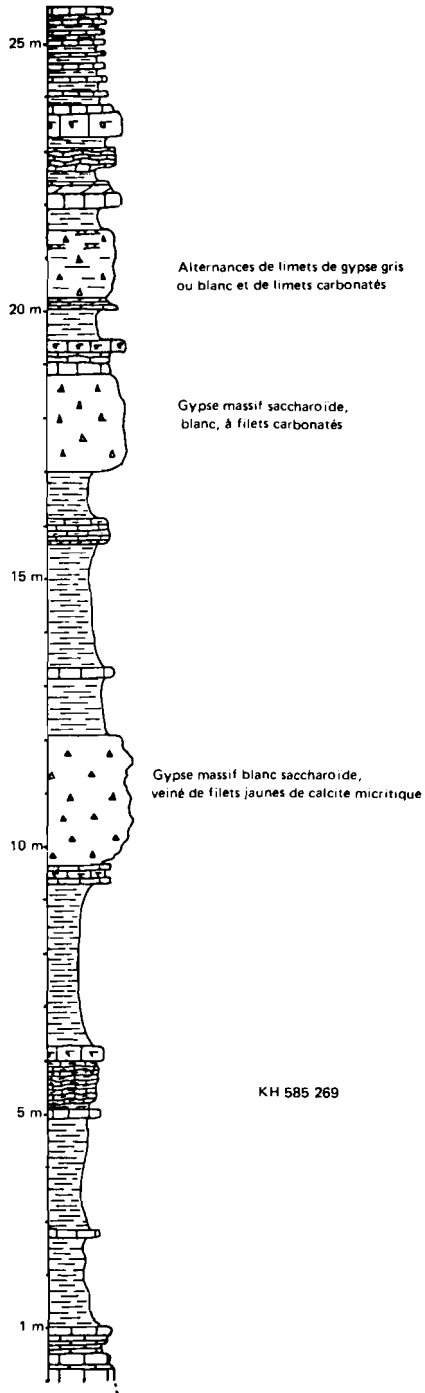


Fig. 25 bis : Détail de l'épisode évaporitique dans les calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies.

En résumé, la proposition suivante reste hypothétique :

$$\text{Calcaires compacts} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Calcaires marneux} \\ \text{marnes gypsifères et} \\ \text{dolomies} \end{array} \right. \begin{array}{l} = \text{Calcaires de Gawan pro parte} \\ = \text{Formation de Gabredarre} \end{array}$$

1.5. – n : GRÈS ET CALCAIRES GRÉSEUX

Cette unité est visible ponctuellement : en rive droite de l'oued Hassan Gouled, en bordure de l'oued Dadîn et dans le secteur compris entre les oueds Sofe et Dounyar. Elle forme un escarpement dans la topographie.

Son dépôt fait suite à une période de ravinement affectant les Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies :

- à l'échelle de l'affleurement s'observe une légère discordance de ravinement ;
- d'une coupe à l'autre, la nature des terrains sous-jacents varie considérablement. Ainsi, les grès reposent sur des marnes jaunâtres à limets gréseux dans la coupe de l'oued Sofe (KH 474 247), sur des calcaires micritiques à bioclastes dans la coupe de l'oued Hassan Gouled (KH 564 292), sur des marnes rouges et vertes dans l'oued Dadîn (KH 575 275).

- La formation est constituée des deux termes superposés, grès et calcaires gréseux.

- Le terme gréseux débute par des grès grossiers à dragées de quartz, à matrice très réduite et à ciment carbonaté. Vient ensuite un ensemble de grès massifs, graveleux à fins, à éléments granoclassés, se présentant en bancs de 0,50 m à 1 m et plus, parfois chenalisant et montrant des stratifications entrecroisées.

Leur font suite des grès blancs à points rouille, régulièrement lités en bancs décimétriques. Les éléments détritiques sont cimentés par une auréole de silice de nourrissage autour des grains, de la calcite et des oxydes ferriques, ces deux derniers minéraux étant localisés dans les points rouille de la roche ; ils correspondent peut-être à la destabilisation d'un carbonate ferrifère.

La nature des éléments détritiques est uniforme dans toute l'unité ; du quartz, des grains de quartzites, quelques minéraux opaques.

L'épaisseur de ces grès est comprise entre 10 et 15 m.

- Les calcaires gréseux sont visibles dans les mêmes coupes que les grès et les surmontent de façon concordante. Ils présentent des faciès marins, néritiques, de bordure de plate-forme. Une autre coupe représentative, relevée entre les oueds Dabiley et Biyyadigley (KH 482 252, fig. 26), montre les alternances répétées de calcaires oolitiques et bioclastiques et de calcaires micritiques légèrement marneux.

Ce sont des calcaires gris à patine jaune, en bancs peu puissants, réguliers, massifs ou bien se débitant en amandes. Ils sont fossilifères, riches en algues, débris d'échinidés, de gastéropodes, de lamellibranches. L'accumulation des Ostréidés forme des niveaux lumachelliques.

La phase détritique, ubiquiste, se compose de quartz, accessoirement de muscovite, épidote, microcline.

La puissance de ces calcaires gréseux est au minimum de 20 m.

Seule la coupe de l'oued Hassan Gouled montre cette unité dans son intégralité : un terme de lithologie différente s'intercale entre celle-ci et les Grès d'Éali Sabîh. Les calcaires gréseux sont surmontés par :

- des grès très fins, laminés, à joints silteux (1 m) ;
- des marnes gréseuses versicolores, grises, rouges, lie-de-vin, jaunes, et contenant des cristaux de gypse en rose des sables (1,50 m).

Cet épisode a été interprété comme paléosol par le C.E.G.D. (1974).

Partout ailleurs les Grès d'Éali Sabîh ravinent les termes sous-jacents.

L'âge de cette unité n'ayant pu être précisé, le problème des corrélations ne peut qu'être posé.

Dans le secteur de Bihendula, les calcaires de Gawan se terminent par :

- 14 m de calcaires à faciès de lagune confinée ;
- 7 m de grès quartzeux et conglomérats deltaïques ;
- 5 m de calcaires à faciès de lagune confinée.

Ces grès pourraient correspondre aux 10-15 m de grès observés ici, mais aucun ravinement important n'est noté à la base des grès et les faciès des calcaires sont différents.

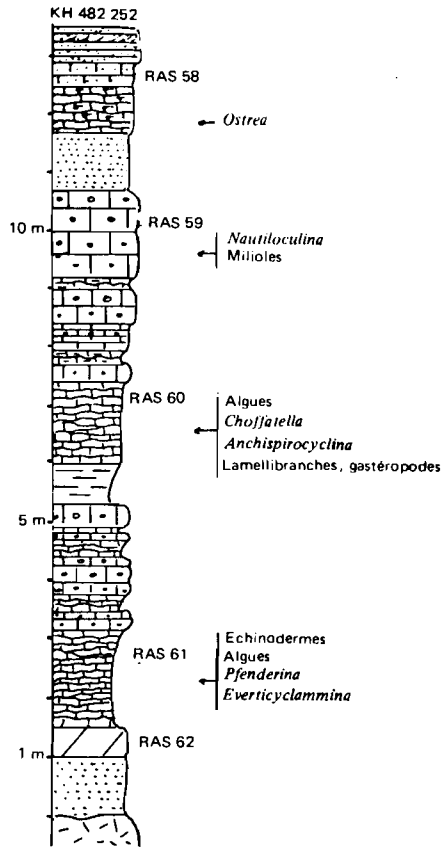


Fig. 26 : Grès et calcaires gréseux.

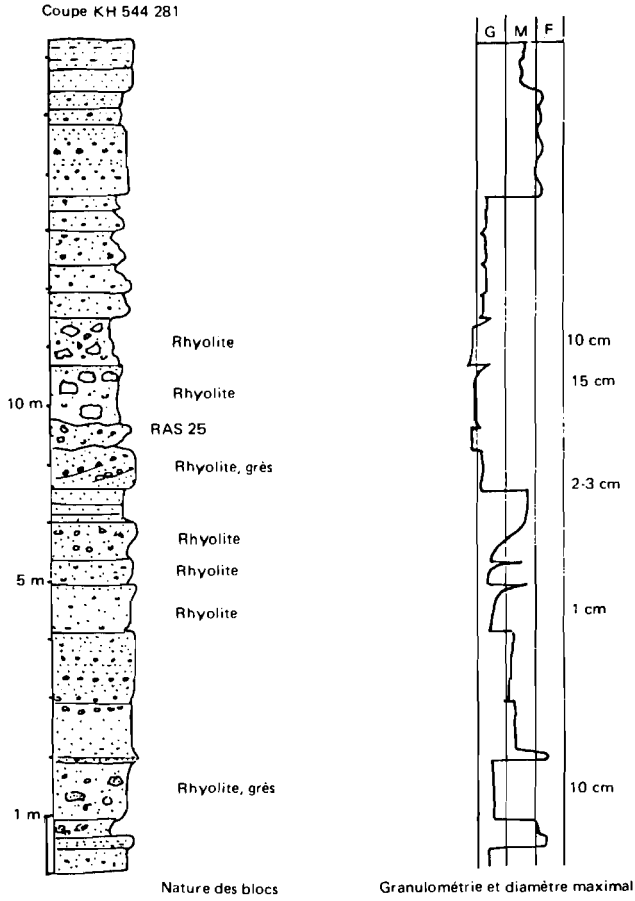


Fig. 27 : Grès d'Éali Sabîh

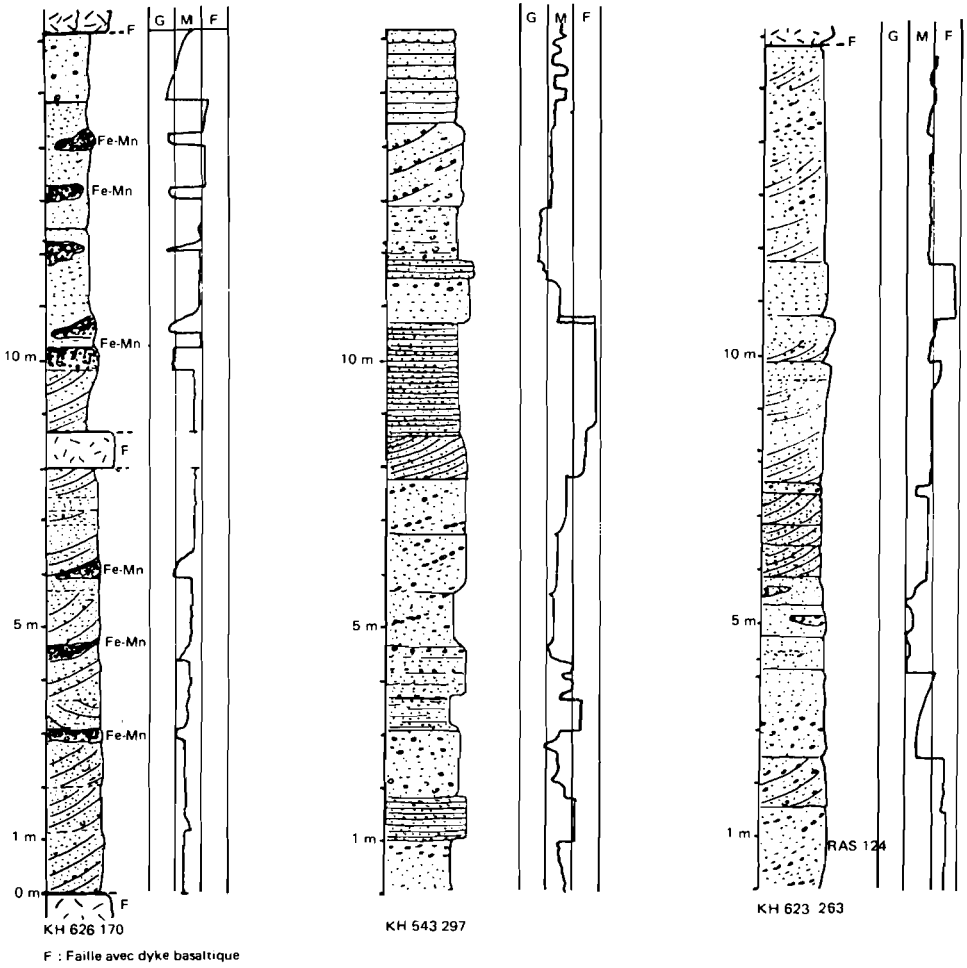


Fig. 28 : Colonnes lithologiques partielles dans les Grès d'Éali Sabîh.

1.6. — C : GRES D'ĀALI SABĪH

Ils représentent 80 % de la surface occupée par les formations sédimentaires anciennes.

Leur contact avec les formations sous-jacentes est toujours de type érosif, ravinant. Ce ravinement pourrait marquer la limite Jurassique-Crétacé.

On peut les subdiviser en deux ensembles :

— autour du noyau sédimentaire le plus ancien, dans un secteur compris entre Dagahha-Dadanayya (KH 519 298) et Āobolley (KH 544 281), des grès roses à ciment hématitique constituent un ensemble inférieur peu épais ;

— développés partout ailleurs, des grès blancs à ciment siliceux correspondraient à l'ensemble supérieur.

Par ailleurs, l'ensemble inférieur est caractérisé par la présence de quelques bancs conglomératiques à blocs de grès ferrifères remaniés et de rhyolites, qui seraient les roches volcaniques les plus anciennes reconnues (C.E.G.D., 1974). Si l'on considère la taille des blocs et leurs formes anguleuses ou peu émoussées (fig. 27), la source de ces rhyolites serait assez proche, mais sur le territoire de la République de Djibouti aucune volcanite d'âge Mésozoïque n'a été trouvée en place. Beaucoup plus au sud, dans la province éthiopienne du Harar (secteur de Kulubi), une intercalation volcanique a été reconnue dans les sédiments mésozoïques (CANUTI et al., 1972).

Le reste de la série oscille du microconglomérat à dragées de quartz centimétriques au grès très fin. Les structures sédimentaires font apparaître plusieurs types lithologiques (fig. 28) :

- des grès de grain moyen à fin, avec des dragées de quartz dispersées à la base des bancs. La stratification est marquée par un granoclassement positif. Les contacts entre les bancs d'épaisseur métrique sont nets.
Des lentilles à éléments détritiques plus grossiers s'intercalent dans ces grès ; souvent elles sont cimentées par des oxydes Fe-Mn ; ces chenaux atteignent une largeur d'ordre métrique ;
- des grès à grain grossier à moyen, à litage oblique plus ou moins marqué par un granoclassement positif des éléments, chaque unité étant d'épaisseur centimétrique à décimétrique. Les bancs ont une puissance métrique à plurimétrique et leurs contacts sont de type érosif ;
- des grès fins à très fins, en bancs métriques, formés de lamines centimétriques régulièrement empilées et à plans de stratification parallèles. Parfois ils sont séparés par de minces joints siliceux. S'observent des ripple-marks mais aucune bioturbation.

En première approximation, on peut considérer ces grès comme dépôts fluviatiles.

Les éléments détritiques sont peu variés et leurs proportions restent uniformes : 99 % de quartz et de lithoclastes siliceux (jaspes, grès, quartzites) ; microcline, orthose, épidote, muscovite apparaissent de façon très dispersée.

Entre les grains, la matrice est inexistante ou très réduite.

L'intensité de la cimentation est très variable.

Souvent, les grès se pulvérisent sous le marteau. Parfois, on observe des auréoles de nourrissage de nature siliceuse autour des grains, et il existe quelques niveaux de quartzites. Mais les grès les mieux consolidés s'observent au niveau des fractures ; la silicification est alors indépendante de la stratification ; une lame de grès silicifié, de largeur variable, suit le plan de faille.

D'autre part, des lentilles de grès grossier — remplissage de chenaux fluviatiles — présentent une cimentation à oxydes de Fe-Mn, qui se développe du sommet vers la base de ces lentilles. L'origine de ces minéralisations est inconnue. Mais dans le secteur de Bihendula, des phénomènes de ségrégation du manganèse sous la forme de nodules d'oxydes Fe-Mn ont été observés dans les Grès de Jesomma ; TURI et al., (1980) ont montré que ce manganèse provenait de l'altération de lentilles riches en manganèse dans les roches du socle anté-mésozoïque.

Enfin une cimentation très récente, subactuelle à actuelle, de nature calcitique, se développe à partir de fissures et de diaclases.

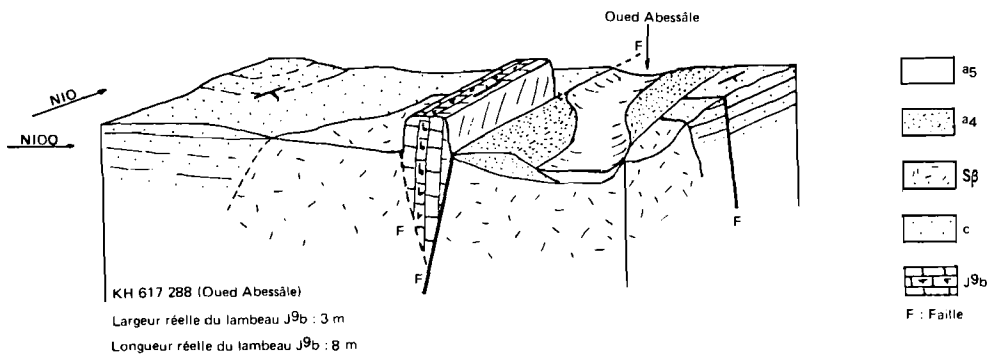


Fig. 29 : Détail d'une faille à jeu localement inverse.

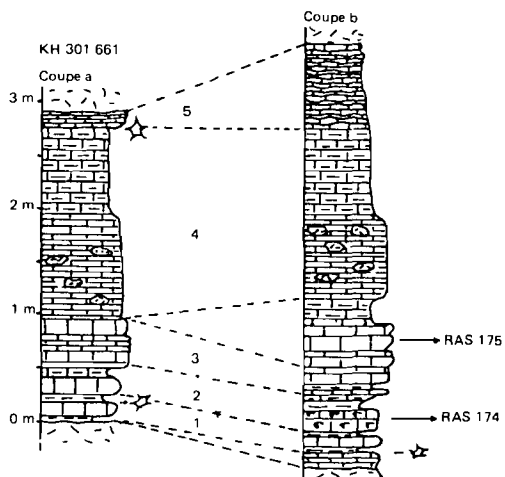


Fig. 30 : Calcaires lacustres du Dahla

La fracturation des grès est intense et les injections de dykes basaltiques très fréquentes. L'absence de niveaux-repères rend aléatoire toute approximation de l'épaisseur des grès, car les rejets des failles ne sont pas mesurables. Il est probable que leur puissance dépasse 500 m.

Le caractère azoïque des grès interdit toute datation précise.

Par leur position, les Grès d'Éali Sabîh se corrélaient aux Grès de Jesomma (MERLA et al., 1973), aussi appelés Grès de Nubie (MACFADYEN, 1933), qui reposent sur les Calcaires de Gawan, tithoniques. Dans le secteur de Bihendula, les grès atteignent une épaisseur de 1 708 m (BRUNI et FAZZUOLI, 1978).

Plus à l'est, dans la série de Berbera, le terme gréseux est surmonté par les Calcaires d'Allakajid, d'âge Eocène inférieur (BLANT, 1973). Les grès d'Éali Sabîh pourraient donc avoir un âge Crétacé inférieur à Paléocène.

1.7. — TECTONIQUE

Tectonique antérieure au Crétacé

Une phase tectonique fini-Jurassique est connue par des fractures et des basculements, à une échelle régionale (BRUCHON, 1972 ; BRUNI et FAZZUOLI, 1980). Au nord de la Somalie, il en résulte une modification très nette de la paléogéographie entre les dépôts jurassiques et crétacés, démontrée à l'aide de cartes en isopaques (BABBANI, 1978).

Ici, le ravinement présent à la base des Grès d'Éali Sabîh est l'argument le plus sûr pour montrer l'existence de cette phase. Mais une étude des « fenêtres » creusées dans les Grès d'Éali Sabîh (secteur des oueds Dadîn et Dalhawley) montre une densité de la fracturation plus forte dans les terrains J^b que dans les Grès d'Éali Sabîh.

L'existence de déformations souples (C.E.G.D., 1974), synchrones de cette phase tectonique cassante, est difficile à démontrer. Par leur lithologie différenciée, les Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies paraissent les plus appropriés pour ce type de phénomènes. Mais les déformations, si elles existent, sont masquées par des phénomènes de faible amplitude, liés à la fracturation et aux différences de compétence des bancs : crochons, bourrages de marnes ou de gypse dans les plans de faille par exemple.

Tectonique postérieure au Crétacé

Elle est principalement de type cassant.

Nous avons déjà noté le compartimentage du môle sédimentaire par des failles majeures de direction N 150, par exemple celles empruntées par les oueds Éobolley-Wannânne-Éasamo, ou Dalhawley-Abessâle-Dousaquoudmoune. A l'est de la piste Éali Sabîh-Éasamo, qui suit une de ces failles, le système de failles de direction N 150 et N 10-N 20 prédomine ; elles limitent les affleurements gréseux du Gocondale Éadde, du Gocondale Madobe, etc. Démontrant leur importance, en quelques points ont été trouvés des lambeaux de la série sous-jacente aux grès, pincés dans ces failles (par exemple KH 617 288, fig. 29). Les failles de direction N 45 et N 120 paraissent avoir des rejets moins importants. A l'ouest de cette piste, les failles N-S et W-E prédominent vers le cœur du môle ancien.

Par leur basculement, les couches dessinent une terminaison périclinale. A l'ouest du massif, les roches pendent vers le NE ; aux alentours du Lougag Éale, les grès s'inclinent vers les directions NE-E, puis vers le SE dans les massifs du Gocondale Éadde, Gocondale Madobe.

Ces traits sont le résultat d'une tectonique postérieure au dépôt des Grès d'Éali Sabîh, et antérieure à l'émission des coulées β_{30} du Pliocène inférieur (ce caractère se vérifiant autour d'Éasamo). La mise en place des sills $S\beta$ et des dykes injectés dans les failles de direction N 150 et N 10-N 20 en sont les autres manifestations dans le môle ancien.

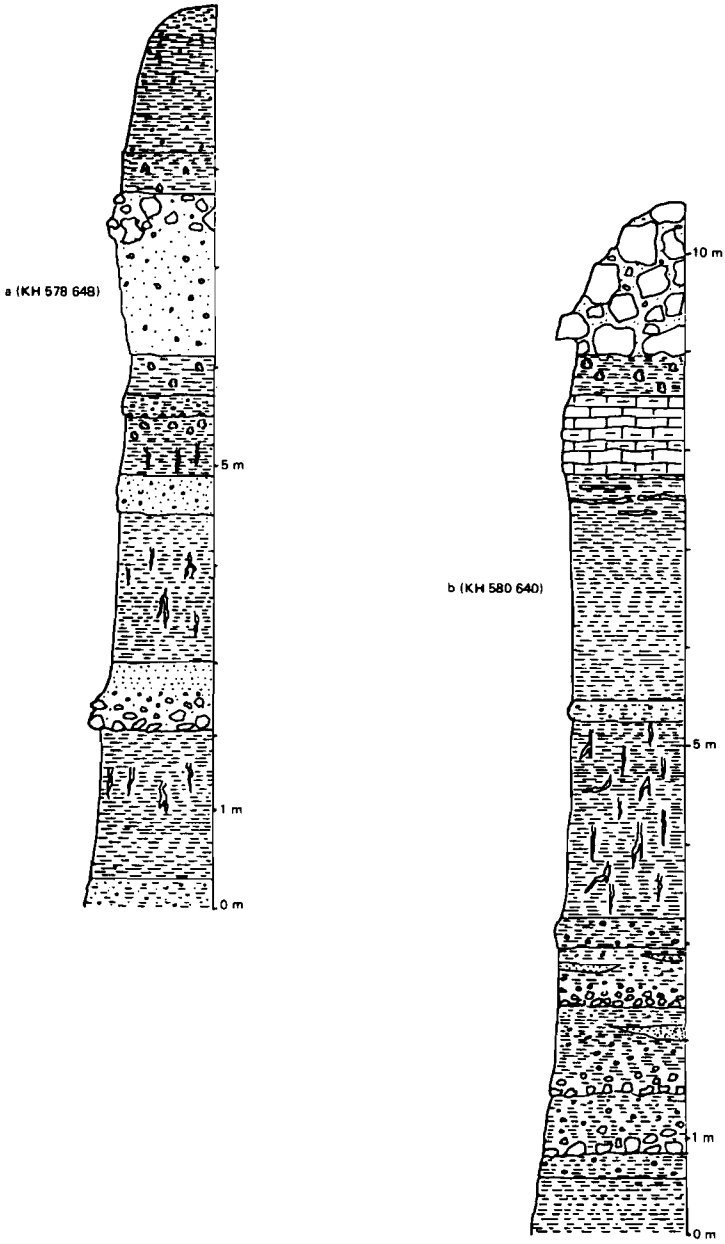


Fig. 31 : Coupes de l'oued Gâdley dans la formation PI

2. — Les formations d'âge Mio-Pliocène

P : CALCAIRES LACUSTRES INTERSTRATIFIÉS DANS LES BASALTES DU DALHA

Au pied du plateau du Hemed, s'observent des épisodes lacustres intercalés dans les coulées basaltiques (fig. 11). Il s'agit de dépôts calcaires et volcano-sédimentaires de faible épaisseur, de 3 à 6 m en moyenne.

L'alternance de calcaires et de marnes ou d'argilites, la faible épaisseur des niveaux ou leur caractère laminé, les arrêts de sédimentation marqués par la présence du mud cracks caractérisent ces faciès lacustres. A l'intérieur d'un même épisode, on peut trouver des variations dues probablement aux irrégularités de la topographie, comme le montrent les deux coupes suivantes, relevées en rive droite de l'oued Galammoudla et distantes de 300 m environ (KH 301 661, fig. 30).

• coupe a

1. - reposant sur une coulée basaltique, des marnes argileuses vertes (3 cm) ;
des calcaires micritiques gris présentant des mud cracks à leur sommet (10 cm) ;
des marnes argileuses grisâtres satinées (8 cm).
2. - des calcaires micritiques beige (15 cm) ;
des calcaires marneux gris en lits centimétriques à joints argileux noirs (10 cm).
3. - des calcaires beige à cassure spathique, se débitant en dalles massives au niveau de joints marneux (45 cm).
4. - des calcaires violacés, granuleux au toucher, contenant des lithoclastes basaltiques, en lits centimétriques réguliers (1 m) ;
des calcaires micritiques gris, présentant des mud cracks à leur sommet (80 cm).
5. - des calcaires beige rosé en lits ondulés centimétriques (15 cm) coiffés par une coulée basaltique.

• coupe b

Les corrélations banc à banc montrent :

- à la base, l'existence de niveaux supplémentaires : des calcaires gris laminés avec mud cracks à leur sommet (15 cm) ;
- dans l'unité 2, le calcaire, bioclastique, contient des tests de lamellibranches et des débris végétaux ; ils se présentent en lits centimétriques ;
- entre les termes 3 et 4 apparaissent des calcaires gris à cassure spathique et silicifiés au sommet de chaque banc (45 cm) ; puis des calcaires marneux blanchâtres à galets dispersés de calcaires massifs gris (25 cm) ;
- l'unité 5 est plus développée : 80 cm d'alternances de niveaux centimétriques de calcaire beige micritique et de marnes roses violacées.

En l'absence de fossiles déterminables, on ne peut donner aucune précision sur le milieu lacustre. Les affleurements les plus proches de l'oued Afay (côte nord du Ghoubbat-al-Kharâb, feuille de Tadjoura) ne permettent pas de lever ces indéterminations ; sur les trois épisodes successifs décrits, seul un niveau à coquilles de mollusques indique un milieu d'eau douce (GASSE et al., 1985).

3. — Les formations sédimentaires d'âge Pliocène supérieur à Pléistocène moyen

3.1. — Pl : DEPOTS INTERSTRATIFIES DANS LA SERIE SOMALIENNE

Cette formation est reconnue près du confluent des oueds Didjân Dêr et Gâdley, où elle est faillée et recouverte par des coulées de basaltes $\beta_{s_{II}}$ qui cachètent les failles et ont cuît le sommet de la formation.

La fracturation de cette unité est bien visible le long de l'oued Gâdley (KH 580 640) : des failles normales, distantes de quelques mètres l'une de l'autre, abaissent la série vers le sud, le rejet de chaque faille étant inférieur au mètre.

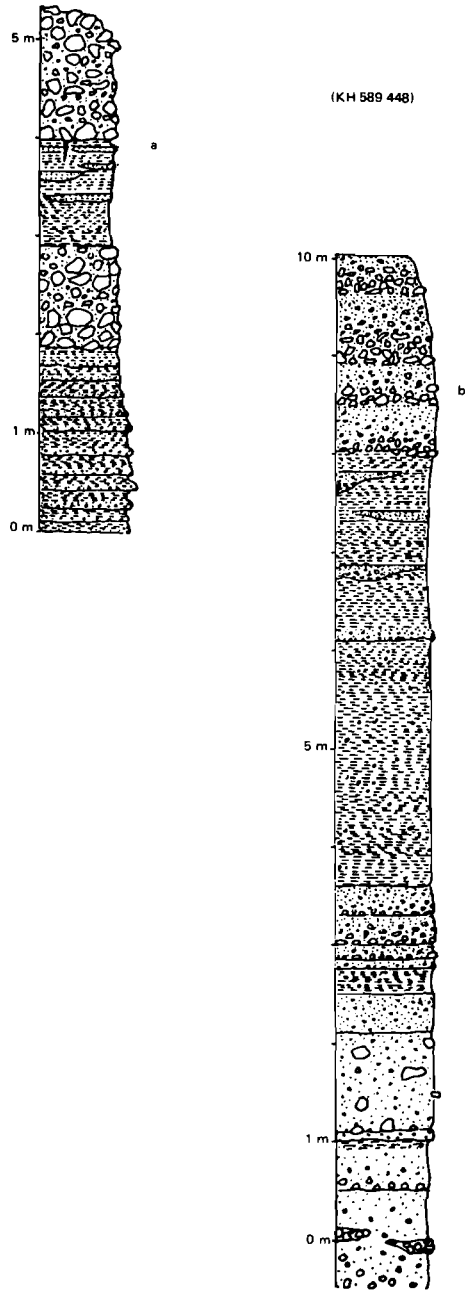


Fig. 32 : Coupes de l'oued Icha Einka.

La série est constituée principalement de limons et présente quelques intercalations calcaires et détritiques grossières. La figure 31 présente le détail de deux coupes réalisées dans le même secteur, la coupe a réalisée sur le talus de la route, et la coupe b le long de l'oued Gâdley.

• coupe a

- à la base, des sables limoneux et graveleux, à éléments volcaniques de diamètre 1 cm, de couleur beige (30 cm) ;
- des limons beige rosé, durcis, à traces de racines encroûtées d'oxydes et à cristaux aciculaires de gypse (1,50 m) ;
- des conglomérats fluviatiles, à blocs dont le diamètre atteint 20 cm, non classés, à matrice sableuse (40 cm), qui passent à des sables grossiers (30 cm) ;
- des limons beige rosé, durs, fendillés, imprégnés de gypse et contenant des traces de racines et quelques concrétions carbonatées (1,50 m) ;
- des sables graveleux, à éléments volcaniques centimétriques émoussés, et à passées noirâtres de matières organiques carbonisées (40 cm) ;
- des limons beige montrant quelques traces de racines et des concrétions carbonatées englobant des graviers, des plaquettes de gypse en petits cristaux et des poupées calcaires abondantes vers le sommet (60 cm) ;
- une nouvelle passée à graviers centimétriques dispersés dans une matrice limoneuse (20 cm) ;
- des limons grisâtres, imprégnés de gypse et contenant quelques poupées carbonatées (40 cm) ;
- des sables graveleux, à éléments volcaniques de diamètre 3 à 4 cm émoussés inclus dans une matrice limoneuse rouge, et passant vers le sommet à un conglomérat à blocs de 20 cm de diamètre (2 m) ;
- des limons beige gypsifères (40 cm) qui passent à des limons beige graveleux (1,50 m).

• coupe b

- à la base, des limons roux (60 cm), à cristaux de halite, et qui se chargent en graviers volcaniques dans les trente centimètres supérieurs ;
- une décharge conglomératique ravine ces limons ; les éléments volcaniques, dont le diamètre atteint 15 cm, sont granoclassés et inclus dans une matrice sablo-limoneuse jaunâtre (60 cm) ;
- une autre arrivée détritique (90 cm), à éléments de 8 à 10 cm, granoclassés dans une matrice sablo-limoneuse de teinte générale verdâtre, présente des passées de sables fins à éléments volcaniques ;
- un autre ensemble détritique (60 cm) peu différent des précédents, mais dont les éléments sont enrobés d'une pellicule d'oxydes, ce qui lui confère une teinte brune ;
- des limons beige très durs contenant quelques graviers de roches volcaniques dispersés (30 cm) qui passent à des limons beige à traces de racines (2 m) ;
- une passée à graviers volcaniques consolidés par des carbonates (10 cm) ;
- des limons beiges très friables, contenant des croûtes calcaires vers le sommet (2,50 m) ;
- un calcaire marneux beige, sans éléments figurés (80 cm) ;
- des limons rougeâtres à poupées calcaires (40 cm) sont ravinés par une décharge détritique à blocs atteignant 40 cm de diamètre plus ou moins cimentés par des carbonates (1,50 m).

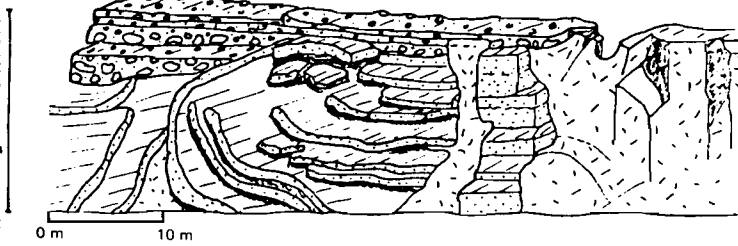
Un autre affleurement proche (KH 578 647) présente une intercalation de diatomite au milieu des limons. Il s'agit d'une lentille de 40 cm de puissance à son maximum et 4 m de longueur visible. Elle est constituée :

- à la base, recouvrant des limons beige, d'un calcaire graveleux beige de 5 à 10 cm d'épaisseur ;
- puis de lits de diatomite massive, contenant quelques cristaux de halite vers l'extrémité visible de la lentille ;
- enfin d'une diatomite impure, à graviers de nature volcanique et fracturée à son sommet (10 cm).

Les faciès sédimentaires indiquent le passage d'un environnement fluviatile (marqué par les lits sableux ou conglomératiques) à un milieu palustre (limons à gypse, concrétions calcaires, traces de végétaux) ou lacustre (calcaires et diatomites). L'environnement palustre prédomine, alors que plus à l'ouest, sur la feuille de Dikhil, les faciès lacustres sont les plus développés.

Près de Daçasbiyyo, des terrains entaillés par l'oued Icha Einika présentent des caractères comparables et ont été rattachés à cette formation. Adossés à des affleurements de rhyolites des Mablal ou de basaltes du Dalha, ils sont affectés de failles normales à rejet métrique qui abaissent la série vers l'ouest/nord-ouest. Ils sont constitués de faciès fluviatiles principalement (fig. 32) ; les coupes a et b ont été relevées à 30 m environ l'une l'autre.

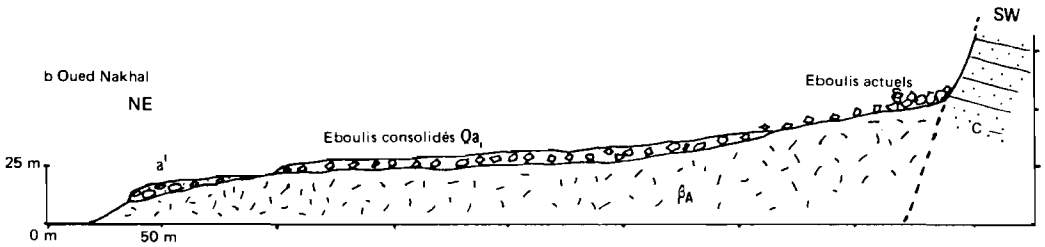
a Oued Wada Qalan (KH 612 303)



Les conglomérats a' scellent les failles qui affectent les grès et les contacts intrusifs



b Oued Nakhal
NE



KH 668 343

KH 664 337

c Oued Dalhawley (KH 596 281)

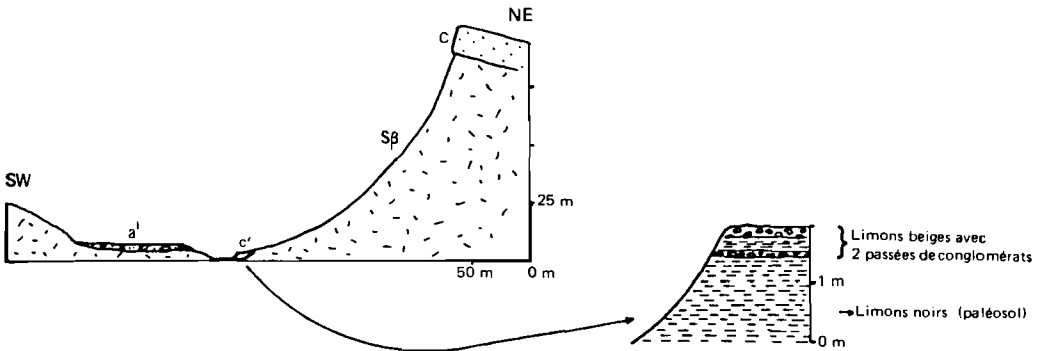


Fig. 33 : Situation des conglomérats fluviatiles consolidés a'

- coupe a

- à la base s'observent des séquences répétées de sables micro-conglomératiques évoluant vers des limons (1,80 m) ;
- un ensemble conglomératique chenalisant ravine le terme précédent (1 m) ;
- des limons avec des passées centimétriques de sables micro-conglomératiques (1,20 m) sont ravinés par
- un autre ensemble conglomératique.

- coupe b

- à la base, des séquences répétées de sables conglomératiques à éléments de 2 à 5 cm de diamètre qui évoluent vers des sables limoneux ; des chenaux à éléments plus grossiers, des blocs de diamètre atteignant 30 cm sont dispersés dans ces niveaux (3,80 m) ;
- des limons contenant quelques graviers (30 cm) ;
- trois séquences sables microconglomératiques/sables grossiers à cristaux de gypse (85 cm) ;
- des limons beige à bristaux de gypse limpides contenant des lits centimétriques de graviers (2,50 m) ;
- un niveau de sable microconglomératique débute des limons à lentilles sableuses ou microconglomératiques granoclassées (1,90 m) ;
- des sables conglomératiques plus ou moins granoclassés (2 m) ravinent ces limons.

Aucun élément n'a permis une datation de ces coupes.

3.2. — Q_{a1} : EBOULIS CONSOLIDES

Ils constituent un cas particulier des conglomérats de piémont.

Ils sont localisés principalement au pied du versant nord-est du massif gréseux du Goëondale Éadde, et sont tranchés par les oueds actuels. Ce sont des nappes de blocs polyédriques, très peu émoussés, de diamètre inférieur à 20 cm, non granoclassés, monogéniques (grès seuls), et cimentés par de la calcite microsparitique. Leur épaisseur est faible, d'ordre métrique.

Leur position géométrique par rapport aux conglomérats fluviatiles a¹ permet leur datation relative. Ils reposent sur une surface d'érosion des basaltes fissuraux anciens β_A. Sur une surface topographique à faible pente, les éboulis consolidés se trouvent à une altitude légèrement supérieure à celle des conglomérats fluviatiles a¹ (fig. 33, coupe b) ; là où ils forment un talus à pente plus forte, les conglomérats les recouvrent partiellement et sont donc postérieurs (exemple : extrémité nord-ouest du Goëondale Éadde (KH 653 335)). L'antériorité du dépôt des éboulis s'établissant ainsi, leur âge présumé est anté-Pléistocène supérieur.

Du point de vue sédimentologique, cet épandage au bas des pentes avec transport peu important est le fait d'eaux de ruissellement très violentes, telles que celles engendrées par des orages, capables de déplacer de gros blocs sur des surfaces dépourvues de couvert végétal puisque les éboulis reposent directement sur les basaltes.

De telles conditions se rencontrent sous un climat aride. Dans l'intervalle Pliocène supérieur-Pléistocène moyen, deux épisodes ont présenté un tel climat : le Pliocène terminal et le Pléistocène moyen (GASSE, 1975) ; en l'absence d'autres arguments, on ne peut ici trancher.

3.3. — Q_a : CONGLOMÉRATS DE PIÉMONT.

Ils sont localisés principalement en rive gauche de l'oued Galile, formant une large nappe à faible pente entaillée par les oueds récents ; sur les versants du talweg de l'oued Hambokto et en rive droite de l'oued Midgân au pied des monts Boura.

Ils s'appuient sur des basaltes fissuraux anciens ou des rhyolites des Mablās. Ils ont les mêmes caractères pétrographiques que Q_{a1}, se différenciant des alluvions fluviatiles par la forme anguleuse des éléments, leur caractère monogénique, l'absence de stratification interne. Les mêmes conclusions s'appliquent à Q_a et à Q_a.

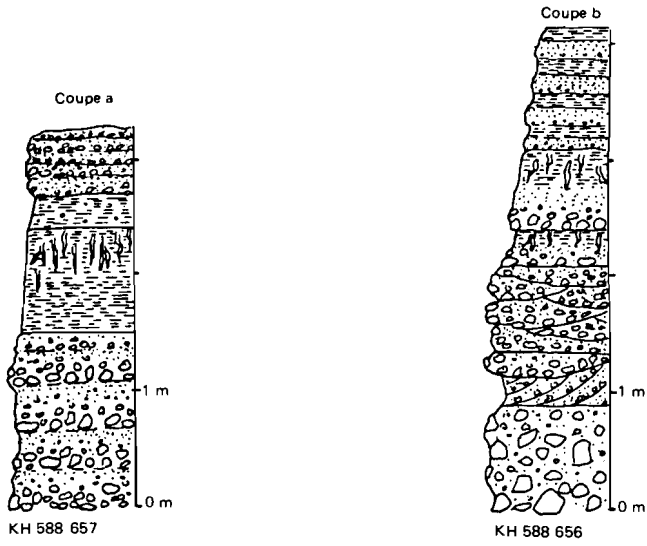


Fig. 34 : Coupes dans les alluvions anciennes a² de l'oued Didjân Dêr

4. — Les formations sédimentaires d'âge Pléistocène supérieur

4.1. — a¹ : CONGLOMÉRATS FLUVIATILES CONSOLIDÉS

Au sud du Lougag Éale, sur les rives des oueds Wada Qalan, Beyyada Chimida, Nakkhal, Midgân subsistent les témoins d'un ancien niveau de base, des lambeaux de terrasses fluviales à matériel conglomératique, situés en corniche, à 5 m environ du lit actuel des oueds.

Il s'agit de conglomérats polygéniques, hétérométriques et indurés. Les galets de grès siliceux (provenant des Grès d'Éali Sabîh), de roches quartzitiques, de roches volcaniques, de calcaires gris micritiques (tithoniques ?) atteignent 30 cm de diamètre et sont emballés dans une matrice sableuse abondante et cimentés par de la calcite. Selon les cas, le dépôt ne présente aucune stratification interne, ou bien montre un granoclassement et plusieurs séquences granulométriques se succèdent. Ces conglomérats comblent les irrégularités de la surface topographique et leur épaisseur varie de 0,30 m à 2 m.

En général, ils reposent directement sur les Grès d'Éali Sabîh ou les basaltes fissurés anciens (fig. 33, a). Nous avons noté précédemment le point KH 653 335 où ils recouvrent partiellement les éboulis Qa₁. Les croquis b et c de la figure 33 montrent la position de a¹ par rapport à Qa₁ (antérieurs) et aux silts holocènes c₁ (postérieurs). L'antériorité de a¹ par rapport à c₁ nous fait présumer un âge Pléistocène supérieur. Sur des critères non précisés, un âge Pléistocène moyen leur a été attribué par le C.E.G.D. (1974) sous l'indice q_{1a}.

Ajoutons que la présence permanente de galets calcaires indique un écoulement fluvial de sens SW-NE dans tout ce secteur au sud du Lougag Éale.

4.2. — a² : ALLUVIONS ANCIENNES (LIMONS GRAVELEUX)

Au nord-est d'Éali Sabîh (aérodrome) et le long de l'oued Gohara s'étend une terrasse fluviale ancienne constituée de limons graveleux de couleur beige. L'existence de deux autres terrasses situées à une altitude inférieure suscite son attribution à a².

Dans la vallée de l'oued Didjân Dêr, la terrasse a² est bien développée, en particulier au confluent des oueds Gêdaha Qudqudmouïn et Didjân Dêr. Elle est constituée de séquences fluviales conglomératiques à sableuses et comprend des intercalations de limons à traces de racines. Les deux coupes décrites (fig. 34) ont été relevées à une centaine de mètre l'une de l'autre.

• coupe a (KH 588 657)

- à la base, des sédiments fluviaux conglomératiques à sableux granoclassés, avec des galets volcaniques atteignant 20 cm de diamètre inclus dans une matrice sableuse qui se charge en limons au sommet de chaque séquence (1,50 m) ;
- des limons gris noir à traces de racines (90 cm) ;
- des limons beige contenant des graviers dispersés et quelques coquilles de gastéropodes terrestres (Pupa), (30 cm) ;
- des sables fluviaux, graveleux à limoneux, granoclassés, en séquences décimétriques (60 cm).

• coupe b (KH 588 656)

- à la base, des sédiments conglomératiques hétérométriques, non granoclassés ; des blocs atteignant 60 cm de diamètre sont dispersés dans une matrice sableuse beige (90 cm) ;
- des sables grossiers présentant une stratification oblique (30 cm) ;
- des sables conglomératiques remplissant des chenaux (90 cm) ;
- deux séquences superposées montrant un passage progressif de sables graveleux à des limons gris à traces de racines (30 cm + 70 cm) ;
- des alternances répétées de sables fluviaux granoclassés et de limons beige (1 m).

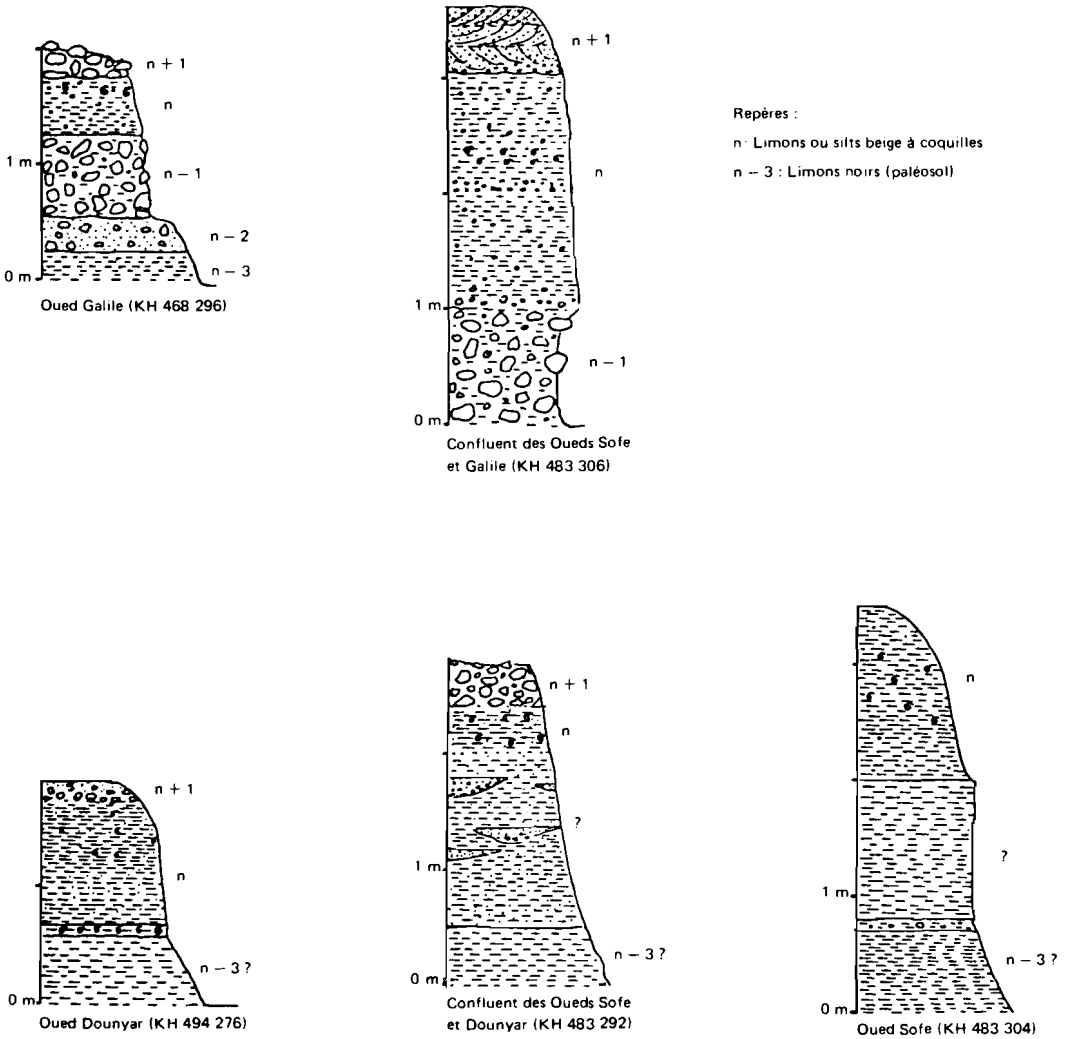


Fig. 35 : Essai de corrélation entre les affleurements de silts palustres ou lacustres c'

4.3. — g : COUVERTURE DE GLACIS, ÉBOULIS

Ces éboulis, peu épais, peu développés, forment des nappes à la base des versants ou des langues qui régularisent les pentes. Ils sont entaillés par les oueds et s'appuient sur leur roche-mère ou bien s'emboîtent dans les conglomérats Qa. Ils datent probablement de la phase climatique aride du Pléistocène terminal (17 000 - 11 000 ans BP) reconnue sur d'autres critères sédimentologiques et faunistiques en République de Djibouti (GASSE, 1975).

5. — Les formations sédimentaires d'âge Holocène

5.1. — c_i : SILTS PALUSTRES OU LACUSTRES

Sur la feuille d'Éali Sabîh, les formations lacustres holocènes sont extrêmement réduites. En quelques points s'observent des niveaux centimétriques fossilifères et à gastéropodes lacustres : soit des lits monospécifiques à accumulation de *Mélanoïdes* remaniés, soit des niveaux à *Helix* (gastéropodes terrestres), *Mélanoïdes* et à faible densité de coquilles.

La dispersion de ces indices de milieux aquatiques est forte :

— en rive droite de l'oued Galile en face de la butte isolée de basalte β_A (KH 468 296) :

- . limons marrons, à petites concrétions calcaires (20 cm)
- . sables conglomératiques roux (30 cm) passant à
- . un horizon conglomératique à matrice limoneuse (70 cm) ;
- . des silts graveleux à *Mélanoïdes* abondants (50 cm) ravinés par
- . un horizon conglomératique.

— au confluent des oueds Sofe et Galile (KH 483 306) :

- . un conglomérat fluviatile polygénique à matrice silteuse (1 m) ;
- . des limons beige graveleux à éléments grossiers granoclassés en 2 séquences métriques, contenant des *Mélanoïdes* à 40 cm de leur sommet (2 m) ;
- . des sables fluviatiles, conglomératiques à fins, présentant graded bedding et litages entrecroisés (60 cm), ravinant les limons.

et un affleurement différent dans le même secteur (KH 483 304) :

- . limons noirs, riches en matières organiques, à la base (70 cm) ;
- . un horizon de limons graveleux (10 cm) ;
- . des limons noirs légèrement granuleux (1,20 m) ;
- . des silts graveleux avec quelques coquilles (1,50 m).

— le long de l'oued Dounyar, à son intersection avec la piste (KH 494 276) :

- . des limons noirs (60 cm) passant à
- . un horizon limoneux très riche en *Mélanoïdes* (10 cm) ;
- . des limons beige à coquilles dispersées de *Mélanoïdes*, *Helix* (1 m) ravinés par des sables conglomératiques (20 cm).

— au confluent des oueds Sofe et Dounyar (KH 483 292) :

- . à la base, des limons gris (50 cm) ;
- . des limons beige à passées lenticulaires de sables conglomératiques granoclassés (1,50 m) ;
- . des limons beige à *Mélanoïdes*, *Helix* assez abondants (40 cm) ;
- . des sables conglomératiques (40 cm) ravinent les limons.

— le long de l'oued Midgan, en rive droite (KH 666 280) :

- . des sables fluviatiles sur lesquels reposent
- . des limons beige à *Mélanoïdes* (30 cm).
- . en rive droite de l'oued Hadâdow (KH 746 175) où de petites poches de silts beiges à *Mélanoïdes* sont préservées dans des sables grossiers fluviatiles.

Ces différents affleurements, représentés sur la figure 35, montrent tous un environnement fluviatile et la brièveté de l'épisode lacustre. Le niveau fossilifère de la deuxième coupe décrite (KH 483 306) a été daté de $7\,325 \pm 215$ ans sur coquilles (FONTES in C.E.G.D., 1974). Le paléosol noir localement présent sous ces silts ou limons pourrait dater de l'Holocène inférieur.

5.2 — m¹ : DÉPOTS DE RIVAGE MARIN

Il en existe quelques affleurements très localisés : sur l'îlot situé au débouché de l'oued Ğadayle et à l'ouest de celui-ci sur la côte à altitude + 3 m.

Ce sont des grès à coquilles, sables de plage plus ou moins consolidés par de la calcite et à éléments polygéniques : lithoclastes d'origine volcanique, débris de madrépores, bioclastes variés.

Sur la feuille de Tadjoura, en face de l'île Ginni Kôma, un affleurement de même type, situé à la cote + 3 m, a été daté sur une coquille d'*Arca* qui a fourni un âge ¹⁴C de 2 010 ± 120 ans BP (FONTES, 1979). Ceci matérialise l'exondation de cette portion de la côte sud du Ghoubbat-al-Kharâb au cours de l'Holocène supérieur.

5.3. — j² : LIMONS RÉCENTS

Ces limons sont très homogènes, de couleur jaune ocre à beige et contiennent quelques passées graveleuses et de rares coquilles de gastéropodes (*Helix*). Leur épaisseur visible est de 1 à 2 m.

Ils sont bien développés aux extrémités ouest et est du Bada Yar. Dans la dépression de Geddi Quayyad, l'entaillement actuel de ces limons montre leur faible résistance à l'érosion fluviale et explique qu'ils subsistent en placages dispersés le long des oueds. D'autre part, ce caractère de fragilité rend vraisemblable un âge Holocène moyen ou supérieur.

5.4. — a³, a⁴ : ALLUVIONS RÉCENTES

Ont été regroupés ici les terrasses alluviales déposées le long des oueds et les cônes de déjection stabilisés, entaillés par les oueds. a³ et a⁴ forment deux terrasses qui peuvent être emboîtées, à 1 m ou plus d'altitude par rapport au lit actuel de l'oued. Le plus souvent, les sédiments sont fixés par la végétation, non susceptibles d'être remaniés lors des crues.

Les cônes de déjection stabilisés se rencontrent au débouché des oueds dans les Bada Yar et Weyn, et au pied des falaises entre le Ğounda Hemed et le Ghoubbat-al-Kharâb (oueds Hoda Dabba, Galammoudla, Ğadayle) : le matériel déposé est repris par l'oued qui entaille le cône et forme plus bas un nouveau cône ; il en résulte des cônes emboîtés.

5.5 — j³ : LIMONS ACTUELS

Ils remplissent de petites dépressions à la surface des plateaux basaltiques et ils constituent la partie centrale du Bada Weyn, Bada Yar et Qayd.

Azoïques, très homogènes, de couleur beige, ils contiennent des cristaux de gypse, dont la taille et la fréquence augmenteraient avec la profondeur. Leur pellicule superficielle est éolisée. Leur épaisseur est inconnue. Notons qu'un forage d'eau effectué sur la bordure sud-est du Bada Weyn (EAL 13C) a livré 39 m de sédiments alluviaux et sédiments fins dont le détail n'a pas été précisé.

5.6. — a⁵ : ALLUVIONS ET CÔNES DE DÉJECTION ACTUELS

Les alluvions remplissant le lit mineur des oueds sont constitués de séquences à trois termes : des sables conglomératiques à grossiers, des sables grossiers à fins présentant un granoclassement et une stratification oblique, parfois des limons provenant de la décantation de particules fines à la fin des crues.

Du fait de l'écoulement temporaire des oueds, les éléments détritiques des alluvions ont toujours une source proche. Par exemple, en amont d'Ğali Ğadde, les sables a⁵ de l'oued Midgan ont une composition variée car il reçoit, par ses affluents de rive

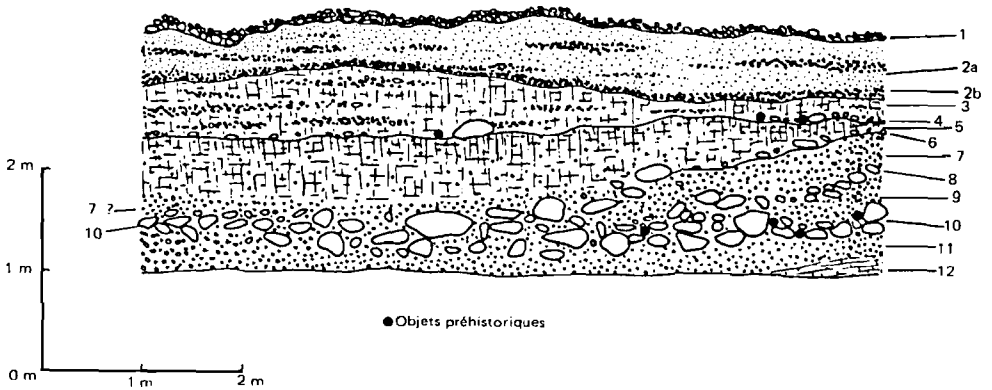


Fig. 36 : Stratigraphie du gisement préhistorique d'Armakato
Localisation 3 km au NNE de Dazasbiyyo (KH 613 476).
in C.E.G.D., 1974.

1. Gravier, cailloux (basaltes, rhyolites). 2. Sédiment poudreux, avec lentilles de graviers et de gravillons. Niveau continu de graviers à la base (2 b). 3. Limons sablo-argileux de consistance ferme, avec passées de graviers, Structure sub-anguleuse dans l'horizon B, de couleur brune, qui subsiste au sommet. Horizon C : structure grumeleuse et couleur brun clair. 4. Blocs émoussés et galets. Niveau archéologique (Paléolithique moyen probable). 5. Limon argilo-sableux riche en carbonates. Altération pédologique au sommet se traduisant par une sur-structure anguleuse et une consistance ferme. 6. Blocs émoussés et galets. Niveau archéologique (Paléolithique inférieur) 7. Limon argileux, faiblement sableux mais riche en graviers. 8. Blocs émoussés et galets. Niveau archéologique (Paléolithique inférieur). 9. Niveau de graviers dans une gangue limono-argileuse. 10. Alluvions grossières. Niveau archéologique le plus riche, sans doute Oldowayen évolué. 11. Niveau très riche en graviers et concrétions de carbonates. Horizon de couleur brun rouge sur les vingt centimètres supérieurs. La densité des graviers diminue à la profondeur de 60-70 cm. La gangue est limono-argileuse. 12. Concrétionnement calcaire. 13. Sables basaltiques, invisibles sur la coupe figurée ici.

Les analyses granulométriques du sédiment de dimension inférieure à 2 mm indiquent, de la couche 11 à la couche 5 incluses, des mélanges de limons déposés par décantation et de matériel sableux grossier. A partir de la couche 3, on est en présence de sédiments remaniés donnant des courbes cumulatives amodales.

Au point de vue préhistorique, le niveau 10 a essentiellement livré des choppers et chopping-tools en rhyolite assez évolués et des éclats de débitage ordinaire (etc.).

gauche, uniquement des blocs de grès et des sables blancs quartzeux (Grès d'Āli Sabīh) et, par ses affluents de rive droite, des blocs rhyolitiques et basaltiques (rhyolites des Mablās et basaltes fissuraux anciens) et des sables gris à minéraux volcaniques.

Des sables et sables limoneux sont épandus dans la partie frontale des cônes alluviaux sur la bordure sud-est du Bada Weyn et du Bada Yar. D'autres cônes de déjection actifs, à matériel détritique grossier se localisent au pied des falaises qui descendent par degrés vers le Ghoubbat-al-Kharāb.

5.7. – TRACES D'OCCUPATION HUMAINE

Des Kjökkenmoddings sont connus sur la rive du Ghoubbat-al-Kharāb au débouché de l'oued Ādayle et vers le nord-ouest sur la côte : le point KH 354 707, à la cote + 45 m a été daté de 5390 ± 100 ans BP sur des huîtres ; un autre existe au point KH 350 709 ; un autre, au point KH 333 717 à la cote + 100, a été daté de 2075 ± 130 ans BP sur des gastéropodes (C.E.G.D., 1974). Un autre Kjökkenmodding de volume très important existe au sommet de l'île située à l'ouest de l'oued Ādayle.

D'autre part, dans la dépression d'Armakato a été décrit un gisement à choppers et chopping-tools en rhyolite (fig. 36, in C.E.G.D., 1974).

GÉOPHYSIQUE

Une analyse des données géophysiques disponibles sur la République de Djibouti a déjà été réalisée pour les notices des feuilles de Djibouti et de Tadjoura de la Carte Géologique. On renverra le lecteur à ces notices et au Colloque Rift d'Asal (1980) pour ce qui concerne le contexte géodynamique et les résultats généraux et l'on précisera ici seulement les quelques informations que l'on possède sur la feuille d'Éali Sabîh.

1. — Structure de la croûte

Les grands profils sismiques réalisés en 1971 (LÉPINE et al, 1972 ; RUEGG, 1975) ont montré sous la quasi-totalité de la région une distribution des vitesses sismiques avec la profondeur assez analogue à celle des zones axiales du golfe d'Aden ou des dorsales médioocéaniques. La croûte terrestre est mince, inférieure à 10 km d'épaisseur et surmonte un manteau anormal dont la vitesse augmente progressivement avec la profondeur.

Dans la partie sud du golfe de Tadjoura concernée par la feuille d'Éali Sabîh la croûte est un peu plus épaisse (10 km) qu'au voisinage de la dorsale (6 km). La croûte superficielle, composée de plusieurs couches hétérogènes de vitesses (ondes P) comprises entre 3 et 4,2 km/s ne dépasse guère 4 km d'épaisseur ; le milieu inférieur jusque vers 10 km est probablement plus homogène et sa vitesses est voisine de 6,5 km/s (fig. 37).

Sous la croûte qui vient d'être décrite, un milieu à vitesses comprises entre 6,8 et 7,0 km/s est également caractérisé par des rapports entre vitesse des ondes P et S qui indiquent des possibilités de fusion partielle et de forte contamination manteltique. Il faut remarquer que ces indications ne concernent que la partie de la feuille située au nord d'une ligne Dikhil-Djibouti et que la partie sud-est de la zone correspondant au prolongement du socle du Horst Aisha n'a pas été investiguée par ces profils (fig. 38).

2. — Gravimétrie

La carte des anomalies de Bouguer (MAKRIS et al., 1975) indique une anomalie négative supérieure à 60 Mgals dans la région d'Éali Sabîh qui est assez bien corrélée avec le relief et qui pourrait correspondre à un épaissement crustal vers le Horst Aisha.

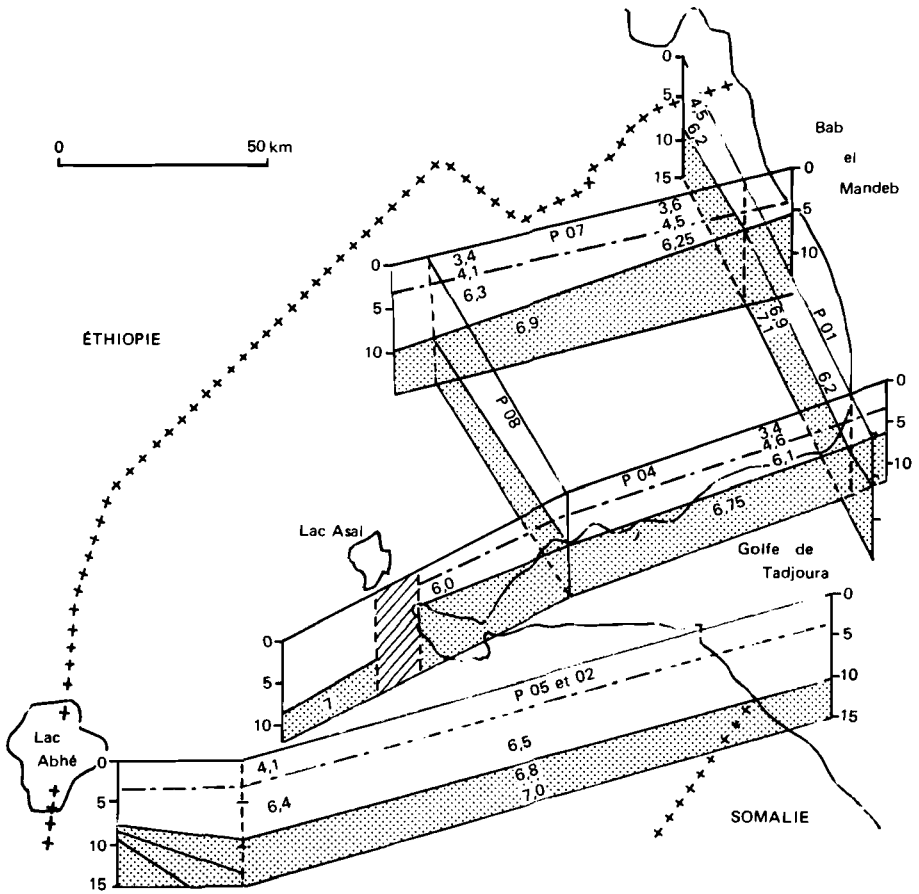


Fig. 37 : Carte schématique de la répartition en profondeur des vitesses sismiques sur les principaux profils sismiques réalisés en 1971.

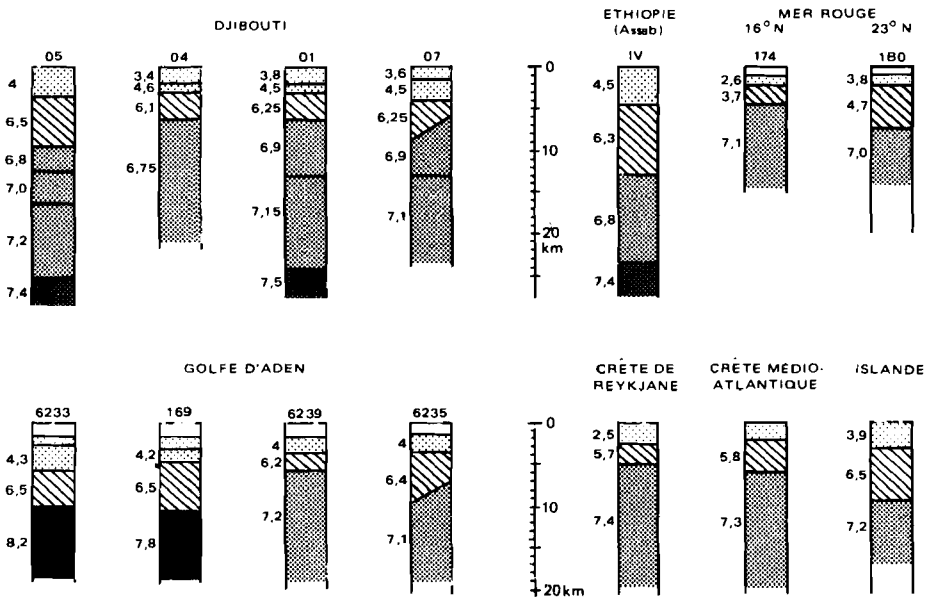


Fig. 38 : Comparaison des lois de vitesse en fonction de la profondeur pour les profils réalisés à Djibouti et pour d'autres régions de dorsales (golfe d'Aden, Mer Rouge, Islande, ride médio-océanique).

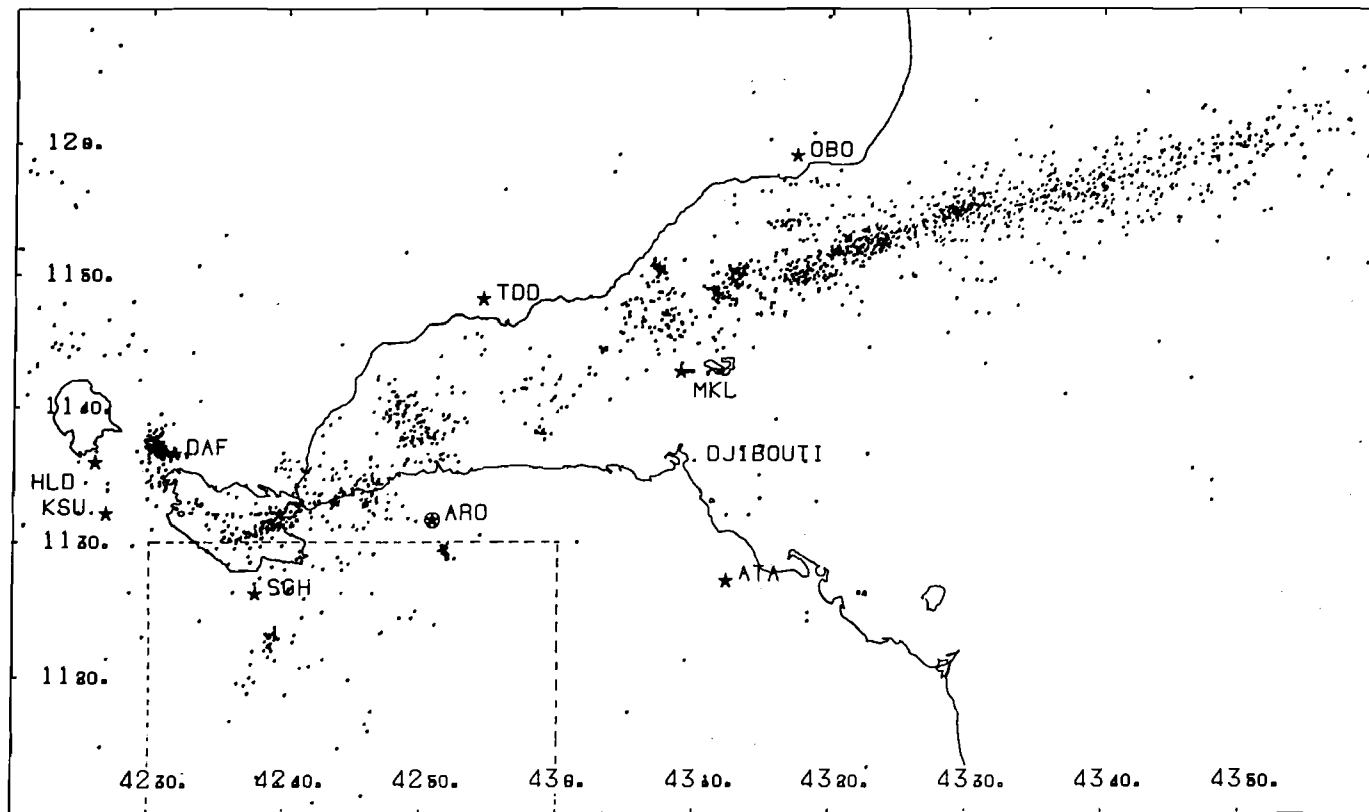


Fig. 39 : Sismicité de la République de Djibouti entre 1974 et 1983.
 Les séismes représentés sont ceux dépassant la magnitude 2.
 La zone correspondant à la carte d'Éali Sabih est indiquée en tirets.

3. — Magnétisme

La levée aéromagnétique détaillée de la République de Djibouti (COURTILLOT et LE MOUËL, 1978 ; COURTILLOT, 1980) permet de distinguer une zone d'anomalies intenses associées à la dorsale active du golfe de Tadjoura, encadrée par deux zones d'anomalies faibles à grande longueur d'onde. La feuille d'Éali Sabîh est presque entièrement comprises dans cette zone calme où les anomalies sont orientées est-ouest.

4. — Sismicité

La carte générale de sismicité (fig. 39) montre que plus de 90 % des séismes sont associés à la dorsale de Tadjoura et aux zones tectoniques actives qui l'encadrent. Cependant une certaine sismicité diffuse subsiste sur les marges du Golfe et est probablement associée au rejeu épisodique d'accidents anciens.

Sur la feuille d'Éali Sabîh une zone d'environ 15 km de large présente des groupements d'épicentres orientés grossièrement N20E. La plupart de ces séismes sont de faible magnitude ($M \leq 2.5$). Cependant deux séismes plus importants auxquels sont associés chaque fois plusieurs dizaines de répliques ont été détectés : l'un le 29 janvier 1980 ($M = 4.0$) était localisé à la limite entre Grand Bara et Petit Bara (Qari-ley), l'autre le 15 décembre 1982 ($M = 3.6$) près de Weza (Kalaloho).

La direction générale définie par ces regroupements de séismes peut être rapprochée de celle de la fracturation anté-série stratoïde (3.5 MA), bien que les alignements des séismes soient fortement décalés vers l'ouest par rapport aux affleurements du socle.



CONCLUSION

La feuille d'Éali Sabîh est certainement celle qui offre la plus grande variété des formations géologiques de l'ensemble de la République de Djibouti, au moins du point de vue du volcanisme, puisqu'on y observe l'ensemble des unités géologiques de la région, depuis les unités sédimentaires de couverture du socle arabo-nubien jusqu'aux unités volcaniques quaternaires du golfe de Tadjoura. Hormis les calcaires jurassiques et les grès crétacés qui ne s'observent que sur cette feuille, les formations sédimentaires sur la carte d'Éali Sabîh sont par contre peu diversifiées. En particulier, il n'existe pas, pour des raisons topographiques, de dépôts lacustres francs, caractéristiques du remplissage des grands bassins tectoniques du centre de la République.

Les unités anciennes, d'âge pré-Miocène, affleurent au sein d'un massif de relief plus élevé (altitudes de 500 à 1 200 m), et de forme triangulaire, limité par des failles de direction N-S à l'est et N40 à l'ouest. Ce massif, qui constitue l'extrémité septentrionale du « horst d'Aïsha », révèle les caractéristiques géodynamiques des stades initiaux de rupture des plaques arabe, nubienne et somalienne.

Trois groupes de formations géologiques constituent cet ensemble ancien. Les calcaires du Jurassique et les grès du Crétacé sont affectés par une intense tectonique distensive de direction N-S, N40 et N160 avec basculement de blocs sur des failles normales et nombreuses injections de dykes et de sills principalement basaltiques, alimentant la série des basaltes fissuraux anciens.

Ces unités, qui correspondent aux séries des plateaux somaliens et nubiens, ont ici été soumises à un mécanisme d'amincissement crustal et « d'océanisation » par injection de magma basaltique. Elles sont recouvertes, au nord-ouest et à l'est par un ensemble rhyolitique dont les caractéristiques pétrologiques indiquent une origine par fractionnement du magma basaltique transitionnel constituant la série fissurale ancienne.

Ainsi l'initialisation du rift océanique est marquée par des directions exclusivement « mer Rouge » (N160) et « rift africain » (N40), ainsi qu'une direction intermédiaire résultant probablement de la combinaison des deux (N-S). A une phase purement tectonique, dominée par le jeu de failles normales et le glissement de blocs produisant un amincissement crustal, se superpose une phase postérieure d'injection et d'émission de magmas basaltiques résultant de la fusion du manteau sous-jacent sous l'effet d'une phase active de séparation entre 25 et 20 MA. La phase de volcanisme acide qui succède, jusqu'à 10 MA, traduit un épisode de type « rift continental » développé selon les mêmes directions, et constituant probablement un ensemble continu depuis la mer Rouge jusqu'au rift éthiopien.

Ce n'est qu'après cette période qu'apparaissent les directions tectoniques E-W et N120 caractéristiques du golfe d'Aden, postérieurement à un épisode de calme, avec érosion et dépôts locaux de conglomérats, entre 10 et 8 MA correspondant probablement à une phase de réajustement des contraintes régionales. C'est alors que se mettent en place les formations à dominante basaltique de la série du Dalha côté Afar (ouest) et de la série somalienne côté est. Alors que cette dernière n'est affectée par aucune tectonique ultérieure, ce qui traduit la stabilisation de cette partie de la plaque somalienne au Miocène terminal, la série du Dalha est intensément faillée selon des directions E-W et N120 (failles normales) et N40 et N-S (composantes en cisaillement possibles).

Les unités plus récentes affleurant dans le quart nord-ouest de la feuille sont celles de la série stratoïde, des marges du golfe de Tadjoura et du rift d'Éasal. Elles sont également basaltiques et transitionnelles, quoique l'on observe un caractère tholéiitique croissant avec l'âge plus récent. Elles sont exclusivement affectées par des failles normales et des fissures ouvertes de direction E-W et N120 à l'exclusion des directions N-S et N40.

Bien qu'affleurant très faiblement sur cette feuille, les séries des marges du golfe de Tadjoura et du rift d'Éasal marquent l'apparition d'une phase de rift océanique affirmé, tandis que la série stratoïde peut être interprétée comme résultant d'un mécanisme d'accrétion de type océanique émergé.

Il est intéressant de noter que chacune des phases de volcanisme basaltique se termine par un épisode de volcanisme différencié, intermédiaire ou acide, apparaissant localement, probablement à la faveur de croisements de directions tectoniques, sous l'effet du réajustement des contraintes régionales.

RESSOURCES DU SOUS-SOL

1. — Matériaux et substances utiles

1.1. — MATÉRIAUX D'ORIGINE VOLCANIQUE

• Perlite *P_e*

Ce verre volcanique hydraté est utilisé pour ses propriétés d'expansion comme matériau isolant, entrant dans la fabrication de bétons et ciments spéciaux. En plus du gîte connu d'Egerçaleyta, trois autres indices, cités par ordre d'intérêt décroissant, ont été découverts sur la carte. Leur qualité reste à confirmer mais ils présentent un intérêt en raison de leur volume et de leur situation à proximité des voies de communication ou des centres possibles d'exploitation.

— Egerçaleyta (KH 320 685, fig. 40) : ce gisement situé à l'est du massif du même nom est associé à un dôme rhyolitique de la série stratoïde. Son volume peut être estimé à 100.10^6 m³ en première approximation. Son exploitation pourrait être facilitée par l'absence de découverte, mais compliquée en raison de l'hétérogénéité de la formation et de la présence de stériles : passées à pyromérides et présence de rhyolites massives.

— Damêrkaddae (KH 467 330) : situé au nord du massif, à 3,5 km à l'est d'Ëali Sabîh, cet indice est marqué par un empilement de couches de perlite ignimbritique pouvant atteindre une cinquantaine de mètres d'épaisseur et formant des buttes couronnant le relief et réparties sur 1,5 km au nord du dôme d'Ëarmâle. Pour se rendre à l'affleurement, il est actuellement plus facile d'emprunter l'affluent de l'oued Hambokto que recoupe la route goudronnée 2 km avant le poste d'entrée d'Ëali Sabîh. La formation perlitique est associée à la mise en place d'un des dômes de rhyolites d'Ëarmâle, sous lequel elle s'enfonce. L'exploitation serait assez aisée dans la partie septentrionale en raison de l'absence de découverte, mais compliquée vers le sud où les couches sont surmontées par un gros dôme de rhyolite massive. Le volume peut être estimé à quelques millions de mètres cubes et l'indice présente un intérêt certain en raison de sa proximité avec Ëali Sabîh et la voie de chemin de fer.

— Boule Weyn (KH 770 681) : cet indice est associé à la formation des Mablâs. Il s'agit de plusieurs coulées perlitiques associées à des ponces sur une trentaine de mètres d'épaisseur. L'affleurement se trouve dans une colline au sud et dans la partie amont de l'oued Djidi. La découverte, faible à nulle dans la partie orientale, augmente rapidement vers l'ouest.

— Awrcawsa Weyn (KH 440 340) : en amont de l'oued du même nom, au sommet des rhyolites des Mablâs, on trouve plusieurs coulées de perlite. Cependant, malgré l'absence de découverte, cet indice risque de ne pas être économiquement exploitable en raison de sa faible épaisseur et des difficultés d'accès.

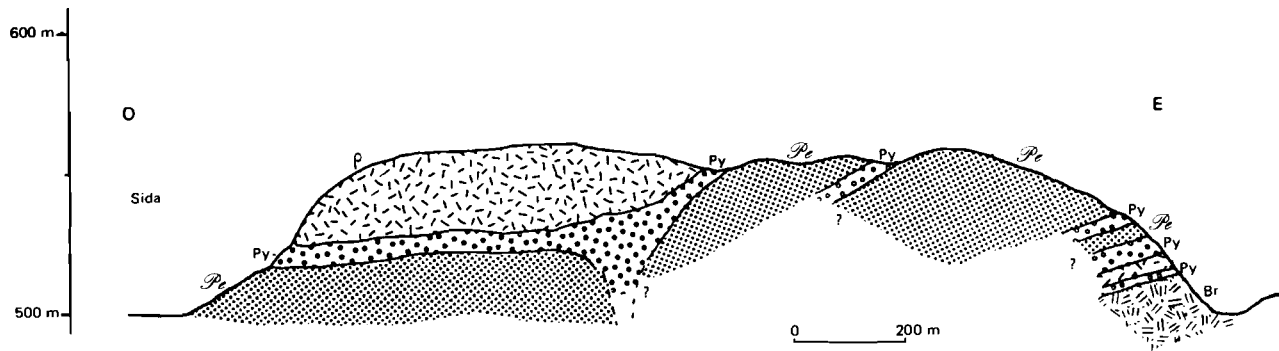


Fig. 40 : Coupe est-ouest dans le gisement de perlites d'Egerçaleyta. ρ : rhyolites massives ; Py : pyromérides ; Pe : perlites ; Br : brèche de base de coulée.

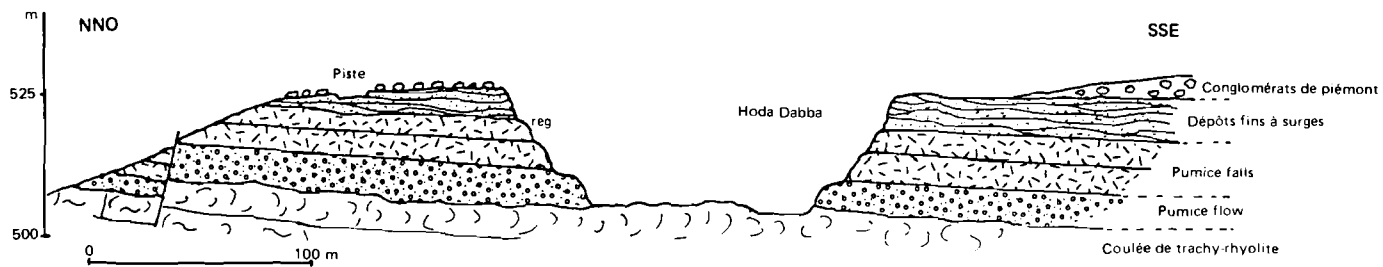


Fig. 41 : Coupe dans la formation poncéeuse d'Hoda Dabba.

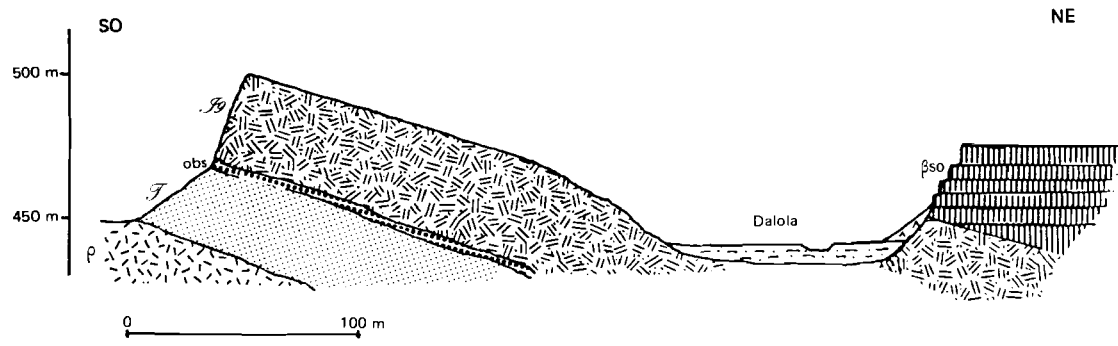


Fig. 42 : Coupe dans les ignimbrites de Idle Djidi
 β_{so} : basaltes somalis ; I : ignimbrites ; obs : obsidienne ; T : tufs ;
 P : rhyolite.

• **Ponces** P_o

La ponce est utilisée pour ses propriétés abrasives et en ajout dans les ciments. Le seul indice découvert affleure au nord-ouest de la carte, au croisement de la piste de Kousour Kousour et de l'oued Hoda Dabba (KH 285 688). Ces dépôts sont en relation avec la mise en place des rhyolites d'Egeræaleyta dont ils constituent une phase explosive. Ils sont formés par un pumice flow, recouvert de pumice falls puis de dépôts plus fins à surges (fig. 41). L'épaisseur peut atteindre 25 m et la superficie peut être estimée à 2 km². La partie la plus intéressante du gisement est située dans l'oued Hoda Dabba en amont à partir de la piste, mais on trouve la même formation en petites buttes isolées plus au nord. Dans la partie septentrionale, la découverte est formée par un reg peu épais ; dans la partie méridionale, elle est représentée par des conglomérats de piémont qui s'épaississent vers le sud.

• **Tufs** (T) et **ignimbrites** (I).

Les tufs peuvent être utilisés comme matériaux de construction (briques) ou même comme couche de roulement pour les pistes — c'est le cas au sud de Holhol —. Les ignimbrites sont employées comme pierre de taille dans certains pays (Italie, Yémen) en raison de leurs qualités de résistance et d'isolation et de la facilité de leur exploitation en carrière à ciel ouvert.

Deux gisements potentiels de tufs, présentant un intérêt pour leur volume et la faible épaisseur de leur découverte, sont signalés sur la carte. Tous deux sont associés aux rhyolites des Mablās et sont situés à proximité d'Éali Sabīh à l'est et au sud du Fédaha Éad dans le massif d'Hadla (KH 536 365, KH 550 370).

Un indice d'ignimbrite a été découvert au sud de Holhol dans la partie septentrionale du Sicid Hâroûn (KH 730 485). Il s'agit d'une épaisse coulée d'ignimbrite massive (25 à 30 m d'épaisseur) à pendage nord-est, s'étendant sur près de 1 km (fig. 42). Elle présente l'intérêt de ne pas être recouverte par d'autres formations et de surmonter des tufs (20 à 30 m) déjà exploités artisanalement à Idle Djidi où on les utilise pour recouvrir les pistes.

• **Scories, pouzzolanes** (S_x).

Elles peuvent être utilisées comme matériau de ballast et en ajout aux ciments et bétons. Les indices relevés sur la carte sont associés à des cônes stromboliens, centres d'émission des basaltes somalis, affleurant au sud de Holhol sur le plateau oriental. Ils ont été notés lorsqu'ils présentaient des facilités d'exploitation : gros volume de matériaux exploitables, faible volume de stérile (coulées massives et coulées scoriacées), absence de découverte et proximité des voies de communication. Il s'agit des volcans de Diyyæ (KH 775 456), Rohale (KH 810 456) au sud-est de Holhol et de Abco (KH 730 310) à l'est d'Éali Éadde.

1.2. — MATÉRIAUX D'ORIGINE SÉDIMENTAIRE

• **Gypse**

Le gypse est associé à l'unité J^o_b Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies. Il affleure dans deux secteurs différents.

— Oued Dadīn : le gypse affleure dans la partie sud-est de la fenêtre de J^o_b . Deux couches de gypse massif sont superposées, l'inférieure atteint 2,50 m d'épaisseur, la supérieure 1,80 m. Elles sont séparées par 4 m de marnes grises esquilleuses avec intercalation de deux bancs calcaires d'épaisseurs respectives 0,20 et 0,50 m. Plus haut dans la série existe une troisième masse gypsifère constituée par l'alternance de minces lits de gypse et de lits calcaires (fig. 25). La géométrie de cet indice reste à préciser car la fracturation est très importante, les dykes basaltiques fréquents.

La série à dominante marno-calcaire est découpée en panneaux très étroits, souvent inférieurs à 20 m de côté. Non seulement les couches sont décalées, de plusieurs mètres parfois, mais encore la plasticité du gypse a pour conséquence des bourrages et des pincements des couches. Si l'épaisseur cumulée des deux couches de gypse massif et la proximité de la piste Eali Sabih-Easamo confèrent a priori un intérêt à cet indice, par contre les discontinuités dues à la tectonique le déprécient considérablement.

— Oued Sofe : en remontant vers la source, en rive droite, à 1,50 m du fond du talweg (KH 474 247) affleure une couche de puissance 1,10 m, constituée de lits de 5 à 20 cm de gypse séparés par des joints marneux. Ce gypse blanc se présente en gros nodules coalescents dont les limites sont soulignées par des lisérés marneux. Il repose sur 1,30 m de marnes esquilleuses grises et est surmonté par une épaisse série marno-calcaire décrite en figure 25. Le panneau est limité en aval-pendage par une faille NNW-SSE qui met en contact cette unité j^9_b avec les Grès d'Eali Sabih et il est découpé par des failles SW-NE à faible rejet.

L'étroitesse du panneau gypsifère et le recouvrement important de la couche de gypse annulent pratiquement l'intérêt de cet indice.

• Calcaires

Ils occupent de grandes surfaces, sans recouvrement autre que végétal, et constituent les formations j^7 et j^9_a dans leur totalité, j^9_b partiellement. Quelle que soit l'unité à laquelle ils appartiennent, ces calcaires sont toujours impurs, de couleur grise ou jaunâtre, noire rarement. Les calcaires j^7 et j^9_a se présentent en bancs puissants d'ordre métrique alors que l'unité j^9_b est constituée de couches calcaires de faible puissance associées à des marnes parfois gypsifères avec des intercalations dolomitiques.

A cette impureté du matériel constituant la formation j^9_b , se joignent des difficultés d'extraction liées à son comportement tectonique : des déformations souples sont associées aux failles et les injections basaltiques, dykes ou filons-couches, sont fréquentes. De tels phénomènes sont visibles dans le secteur de Boholaley (KH 495 295). j^7 et j^9_a qui se présentent en bancs puissants sont uniquement affectés par des déformations cassantes ; l'homogénéité lithologique d'ensemble rend moins gênant le découpage tectonique.

— Eadayyâle : en rive droite de l'oued, le massif constitué par j^7 présente ces caractères : les bancs sont puissants, le recouvrement est nul excepté dans un compartiment où les calcaires sont surmontés par des marnes gréseuses. Les calcaires sont découpés par des failles N-S et NW-SE ; les compartiments sont basculés les uns par rapport aux autres. Un autre inconvénient est d'ordre lithologique : la présence de quartz détritique en proportion notable, de pyrite et autres composés sulfureux.

Le tonnage de ces calcaires doit être évalué en faisant l'hypothèse que le massif repose sur le sill $S\beta$ c'est-à-dire que le volume total est égal au volume visible et que des dykes doivent s'injecter dans les failles à partir de ce sill.

— Monts Arrey : dans le secteur compris entre les oueds Dabiley, Dounyar et Doun Yar, vers les crêtes frontalières, les calcaires j^9_a forment une série monoclinale à pendage 15° N, découpée par des fractures N-S subparallèles de faible densité. Epaisseur de la série, puissance des bancs, pendages contants et largeur des panneaux sont les éléments valorisant ces affleurements. Mais, comme à Eadayyâle, les calcaires flottent apparemment sur un sill, reconnu de l'autre côté de la frontière éthiopienne.

• Gravier, sables et limons

Sables et graviers sont tous de provenance alluvionnaire.

Les sables alluvionnaires actuels de l'oued Didjân Dêr sont exploités épisodiquement, tout comme les matériaux des fronts de cônes alluviaux récents sur la bordure sud-est du Bada Weyn (par exemple ceux de l'oued Hambokto, au sud-ouest du forage d'eau).

Tous les sables actuels (a^5) susceptibles d'exploitation contiennent des minéraux volcaniques. Autour des Grès d'Ëali Sabîh, il n'existe pas d'oued important (oueds Galile, Midgan) déposant des sables quartzeux purs.

Les alluvions anciennes de l'oued Didjân Dêr fourniraient des tonnages intéressants si l'hétérométrie d'ensemble, le mélange d'éléments roulés et anguleux, les intercalations limoneuses ou sablo-limoneuses ne dépréciaient ces matériaux pour l'obtention de granulats.

Les limons récents ou actuels couvrent les dépressions du Quayd, Bada Yar et Bada Weyn. Aucune épaisseur ne peut leur être attribuée en l'absence de sondages.

Quelle que soit leur origine (c , l^2 , l^3), ils contiennent peu d'argiles : des smectites et rarement de l'illite ; ils sont essentiellement quartzo-feldspathiques, souvent gypsifères ou salins en bordure des oueds.

Ils peuvent parfois convenir comme supports de cultures ; ainsi les jardins d'Ëali Sabîh sont installés sur les limons noirs holocènes.

2. — Hydrogéologie

Ce paragraphe résume les informations contenues dans le rapport « Inventaire et mise en valeur des ressources en eau de la République de Djibouti », Mission de Coopération Technique allemande, 1982.

Trois cas se présentent, déterminés par les propriétés des différents aquifères.

2.1. — NAPPES CONTINUES

Dans les basaltes du Dalha et ceux de la série stratoïde, la densité des fractures détermine un aquifère continu.

Ainsi, dans la région du Bada Weyn et du Bada Yar, les forages du PK50 et de Doubdoub Bolole exploitent, à 80-90 m de profondeur, l'eau d'une nappe continue qui s'écoule vers le NNW, en direction du lac Asal qui sert de niveau de base (à l'altitude -150 m).

Une situation identique se présente dans les basaltes somalis, la nappe s'écoulant vers l'est en direction de la côte.

2.2. — NAPPES LOCALES

Les rhyolites des Mablas sont fortement fissurées et faillées, mais les failles sont fréquemment masquées par des dykes ou des filons. Des phénomènes identiques affectent les basaltes fissuraux anciens, qui sont d'autre part très altérés et d'extension réduite. Ces deux formations ne peuvent que présenter des nappes locales, de faible importance et de recherche difficile.

Le cas des grès et des calcaires mésozoïques est similaire : du fait du morcellement tectonique et du réseau filonien, les aquifères sont indépendants et d'importance variable.

D'autre part, la présence d'intercalations évaporitiques dans la série est responsable de la forte salinité des eaux, mesurée dans les forages, ou reconnue par l'évaluation des résistivités lors de campagnes géoélectriques. Ces eaux sont de type sulfaté-sodique. Leur teneur élevée en bore limite leur utilisation pour l'irrigation. D'autre part, la qualité chimique des eaux se dégrade rapidement en cours d'exploitation, pour aboutir à une eau impropre à la consommation.

2.3. — NAPPES ALLUVIALES

Ces nappes de sous-écoulement dans les oueds sont de faible importance mais leurs eaux sont de meilleure qualité. Des possibilités d'exploitation existent pour les oueds Galile vers ʕali Sabīh, Nakhal et Midgân vers ʕali ʕadde, Idle Djidi et Wâhayyi dans le secteur de Holhol, Gêstir au sud.

BIBLIOGRAPHIE

- ABBATE E., FICCARELLI G., PIRINI RADRIZZANI C., SALVIETTI A., TORRE D. et TURI A., 1974 — Jurassic sequences from the Somali Coast of Gulf of Aden. *Riv. Ital. Paleont.*, 80, 3, 409-478.
- ABUCAR Mohallim Hassan, 1977 — Stratigrafia di alcune serie sedimentarie mesozoiche della costa somala del golfo di Aden. Thèse, Geol. Inst. Florence Universit. (Italie).
- Actes du COLLOQUE RIFT D'ASAL (DJIBOUTI, 23-29/02/1980) — *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7, XXII, 6, 796-1013.
- ARTHAUD F., CHOUKROUNE P., RICHARD O., ROBINEAU B. et VARET J., 1977 — Esquisse de l'évolution structurale du golfe de Tadjoura (TFAL). 5^e RAST, Rennes.
- BABBANI G., 1978 — L'uso del computer nella cartographia geologica : le isopache del Giurassico e del Cretaceo nella Somalia Settentrionale. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 97, 485-493.
- BACKER H., CLIN M. et LANGE K., 1973 — Tectonics in the Gulf of Tadjoura. *Marine Geology*, 15, 309-327.
- BAILEY D.K., MAC DONALD R., 1969 — Alkali Feldspar fractionation trends and the derivation of peralkaline liquids. *Amer. Journ. Sciences*, 267, 242-248.
- BARBERI F., BORSI S., FERRARA G., MARINELLI G. et VARET J., 1970 — Relations between tectonics and magmatology in the Northern Depression of Afar (Ethiopia). *Phil. Trans. Roy. Soc. London, A*, 267, 293-311.
- BARBERI F., TAZIEFF H. et VARET J., 1972 — Volcanism of the Afar Depression: its tectonic and magmatic significance. *Tectonophysics*, 15, 19-29.
- BARBERI F., FERRARA G., SANTACROCE R. et VARET J., 1975 — Structural evolution of Afar triple junction, 38-54. In: "*Afar Depression of Ethiopia*", Pilger et Rösler éd, Stuttgart, 416p.
- BARBERI F., VARET J., 1977 — Small-scale plate tectonics implication: volcanism of Afar. *Geol. Soc. of Am. Bull.*, 88, 1251-1266.
- BARBERI F., SANTACROCE R., 1980 — The Afar stratoid series and the magmatic evolution of east-african rift system. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7, XXII, 6, 891-899.
- BEAUCHAMPS J., LEMOIGNE Y., 1973 — Age du faciès "Grès supérieurs" et du début du volcanisme des trapps dans le massif de Chercher (Province d'Harar, Ethiopie). *C.R. Ac. Sci. Paris*, 276, 1525-1528.
- BERCKHEMER H., BAIER B., BARTELSSEN H., BEHLE A., BURKHARDT H., GEBRANDE H., MAKRISS J., MENZEL H., MILLER H. et VEES R., 1975 — Deep seismic soundings in the Afar region and on the highland of Ethiopia, 89-107. In: "*Afar Depression of Ethiopia*" Pilger et Rösler éd., Stuttgart, 416p.

- BESAIRES H., 1949 — Carte géologique de la Côte française des Somalis, au 1/400 000, avec notice. Bureau géologique. Tananarive.
- BESAIRES H., 1949 — La Côte française des Somalis. Haut Commissariat de Madagascar et dépendances. Bureau géologique. Tananarive. Mimeo, 142p.
- BLANT G., 1973 — Bassins sédimentaires du littoral africain (Symposium de l'Association des Services géologiques africains). 2^e partie : littoral austral et oriental. Montréal, 1972.
- BOUCARUT M., CHESSEX R., CLIN M., DARS R., DEBON F., DELALOYE M., FONTES J.C., HAUQUIN J.P., LANGGUTH R., MOUSSIE C., MULLER J., POUCHAN P., ROGER P., SEYLER M. et THIBAULT C., 1980 — A stratigraphic scale of the volcanic and sedimentary formations of the Republic of Djibouti, 515-526. In: "Geodynamic evolution of Afro-Arabian rift system" Accademia nazionale dei Lincei, éd., Rome, 705p.
- BOUCARUT M., CHESSEX R., CLIN M. et DELALOYE M., 1980 — Données géochronologiques K/Ar de roches volcaniques de l'Afar, partie nord de la République de Djibouti. *Schweiz. mineral. petrog. Mitt.*, 60, 263-269.
- BRUCHON R., 1972 — Comparaison des dispositions géologiques de part et d'autre du Golfe d'Aden. Thèse, Paris.
- BRUNI P., FAZZUOLI M., 1978 — Sedimentological observations on Jurassic and Cretaceous sequences from Northern Somalia. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 95, 6, 1571-1588.
- BRUNI P., FAZZUOLI M., 1980 — Mesozoic structural evolution of the Somali Coast of the Gulf of Aden 193-207. In: "Geodynamic evolution of the Afro-arabian rift system", Accademia nazionale dei Lincei, éd., Rome. 705p.
- CANUTI P., GREGANIN A., PICCIRILLO E., SAGRI M. et TACCONI P., 1972 — Volcanic intercalation in the Mesozoic sediments of the Kulubi area (Harar, Ethiopia). *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 91, 6033-14.
- C.E.G.D., 1974 — Carte géologique du TFAI au 1/100 000. Feuille d'Asal. Université de Bordeaux III.
- C.E.G.D., 1975 — Carte géologique du TFAI au 1/100 000. Feuille d'Éali Sabih. Université de Bordeaux III.
- CLIFT W.O., 1956 — Sedimentary history of the Ogaden district (Ethiopia). In: XX^e Cong. Geol. Intern. Symp. Yacimientos Petroleo Gas, 1, 89-112 (Mexico).
- CLOCCHIATI R., BIZOUARD H., 1979 — Mise en évidence de la nature du liquide parental, de son évolution par cristallisation fractionnée et d'un mélange de magmas dans l'éruption fissurale du rift d'Asal (Rép. de Djibouti). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 289, 647-650.
- CNR-CNRS, 1975 — Carte géologique de l'Afar central et méridional au 1/500 000. *Geotechnip*, BEICIF, La Celle Saint-Cloud.
- COLLOQUE RIFT D'ASAL, 1980 — N^o spécial du *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7, 22, 6.
- COURTILLOT V., LE MOUËL J.L., 1978 — Le levé aéromagnétique de la Rép. de Djibouti. *IPG Observ. Magn.*, 39p.
- COURTILLOT V., GALDEANO A. et LE MOUËL J.L., 1980 — Propagation of an accreting plate boundary: a discussion of new aeromagnetic data in the Gulf of Tadjoura and Southern Afar. *Earth. Planet. Sc. Let.*, 47, 144-166.
- COURTILLOT V., 1980 — Opening of the Gulf of Aden and Afar by progressive tearing. *Phs. Earth Planet. Inter.*, 21, 343-350.

- DEMANGE J., STIELTJES L., 1975 — Géologie du sud-est de l'Afar. *Bull. BRGM*, 2, IV, 2.
- DEMANGE J., STIELTJES L. et VARET J., 1980 — L'éruption d'Asal de nov. 1978. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 7, XXII, 6, 837-843.
- DREYFUSS M., 1929 — Sur la présence d'argiles gypsifères aux environs de Holl-Holl. *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 7, 87-88.
- DREYFUSS M., 1929 — Etude de géologie et de géographie physique sur la Côte française des Somalis. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, IV, 4.
- FAIRHEAD J.D., GIRDLER R.W. 1970 — The seismicity of Red Sea, Gulf of Aden and Afar triangle. *Phil. Trans. R. Soc. London*, A, 267, 47-74.
- FAURE H., HOANG C.T. et LALOU C., 1973 — Structure et géochronologie U/Th des récifs coralliens soulevés à l'ouest du Golfe d'Aden (TFAI). *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, (2), XV, 4, 393-402.
- FAURE H., 1976 — Les déformations des côtes et le modèle géodynamique de l'Afar, 148-155. In: "Afar between continental and oceanic rifting" Pilger et Rösler éd., Stuttgart, 216p.
- FICARELLI G., PIRINI-RADRIZZANI C., TURI A., 1975 — Analyses of the microfacies of Antalo limestones in the Dire Dawe area (Ethiopia). *Boll. Soc. Géol. Ital.*, 94, 4, 759-770.
- FISCHER H., 1901 — Liste des coquilles recueillies par M. de Gennes à Djibouti et à Eali Sabîh. *Journal de conchyologie*, 4, 3, 96-130.
- FONTES J.C., 1979 — Radiochronology and isotopic paleoclimatology of continental and marine late Quaternary deposits in the Republic of Djibouti. In "Geodynamic evolution of the Afro-arabian rift system", Intern. Symposium, Rome (April, 18-20), oral comm.
- FOURNIER M., GASSE F., RICHARD O., RUEGG J.C., (coordinateur GASSE F.), 1983 — Carte géologique de la République de Djibouti à 1:100 000. Feuille de Djibouti. ISERST - Ministère français de la Coopération, éd. ORSTOM, Paris, 70p.
- FREUND R., 1970 — Plate tectonics of the Red Sea and East Africa. *Nature*, London, 228, 453p.
- GADALIA A., 1980 — Les rhyolites du stade initial de l'ouverture d'un rift : exemple des rhyolites miocènes de l'Afar. Thèse 3^e cycle, Université Paris-Sud.
- GASSE F., 1975 — L'évolution des lacs de l'Afar central (Ethiopie et TFAI) du Plio-Pléistocène à l'Actuel. Thèse Dr. Et., Université Paris VI, 406p.
- GASSE F., DELIBRIAS G., 1976 — Les lacs de l'Afar Central (Ethiopie et T.F.A.I.) au Pléistocène supérieur. In : *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene*, S. Horie éd., Kyoto, 4, 529-575.
- GASSE F., FOURNIER M., DAGAINJ., MAZET G. et RICHARD O. — Carte géologique de la République de Djibouti ; feuille Dikhil à 1:100 000 et notice. ISERST, ORSTOM éd. (à paraître).
- GASSE F., STREET A., 1978 — Late Quaternary lake-level and environments of the Northern Rift Valley and Afar region (Ethiopia and Djibouti). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 24, 279-325.
- GASSE F., ROGNON P. et STREET A., 1980 — Quaternary history of the Afar and Ethiopian Rift lakes. In : "The Sahara and the Nile", Williams et Faure éd., Balkema (Rotterdam). 361-400, 10 fig., 1 tab.

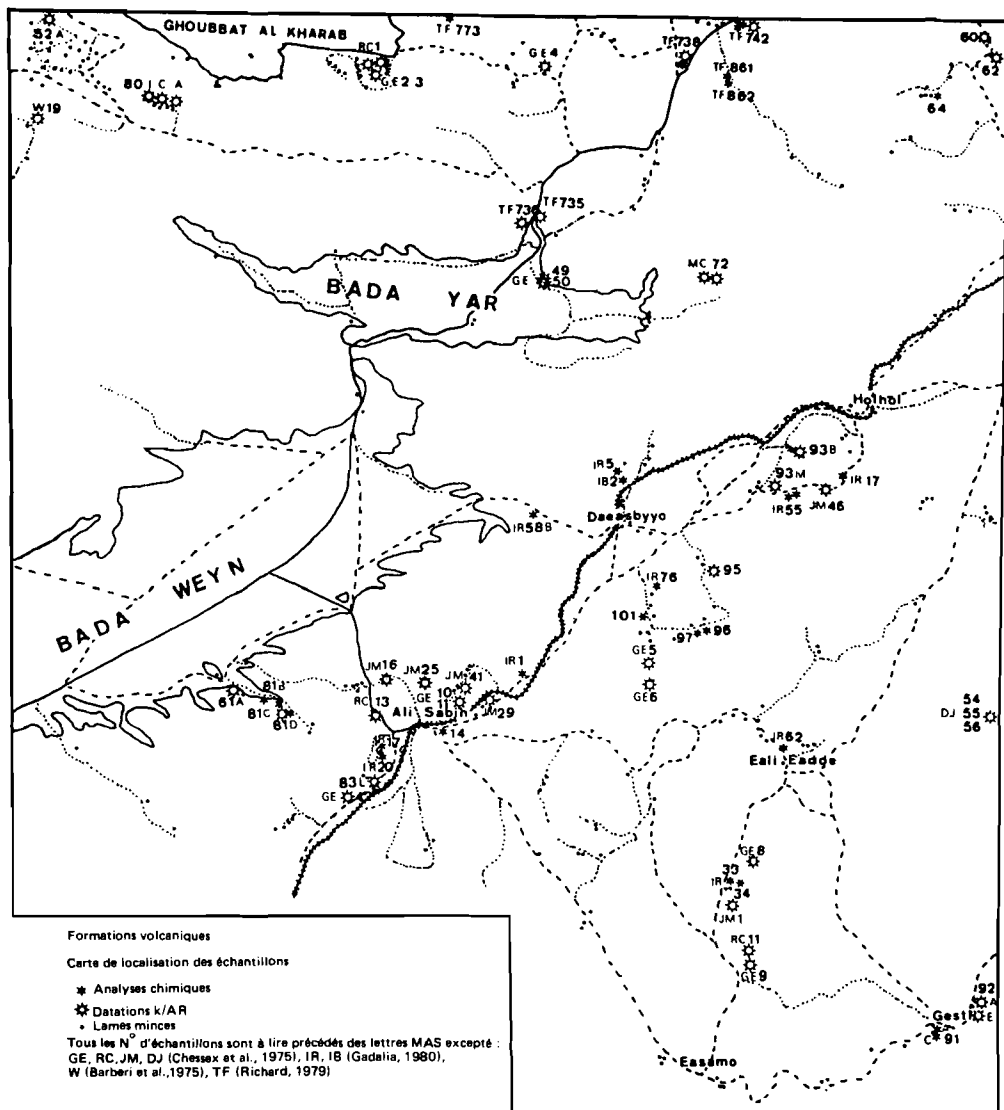
- GASSE F., RICHARD O., ROBBE D., ROGNON P., WILLIAMS M.A.J., 1980 — Evolution tectonique et climatique de l'Afar Central d'après les sédiments plio-pléistocènes. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7, XXII, 6, 987-1001.
- GASSE F., FOURNIER M., 1983 — Sédiments plio-quatérnaires et tectonique en bordure du golfe de Tadjoura (République de Djibouti). In : *"Rifts et Fossés anciens"*. *Bull. des Centres de Recherches Exploration. Production Elf-Aquitaine*, 7, 285-300.
- GASSE F. (Coordinateur), FOURNIER M., RICHARD O., RUEGG J.C., 1983 — Carte géologique de la République de Djibouti à 1:100 000. Djibouti. Notice explicative. ISERST, Ministère français de la Coopération, éd. ORSTOM, Paris, 70 p.
- GASSE F. (Coordinateur), FOURNIER M., RICHARD O., RUEGG J.C., 1985 — Carte géologique de la République de Djibouti à 1:100 000. Tadjoura. Notice explicative. ISERST, Ministère français de la Coopération, éd. ORSTOM, Paris, 132p.
- GIRDLER R.W., 1970 — An aeromagnetic survey of the Red Sea, Gulf of Aden and Ethiopian Rift (a preliminary report). *Phil. Trans. Roy. Soc. London, A*, 267, 359-365.
- GOUIN P., 1979 — Earthquake history of Ethiopia and the horn of Africa. IDRC éd. 118 E, Ottawa, 259p.
- GRIFFITHS J.F., 1972 — The Horn of Africa. In: *"Climates of Africa"*. 133-165, Els. Sc. Publ. Comp. (Amsterdam).
- HOANG C.T., LALOU C. et FAURE H., 1974 — Les récifs soulevés à l'ouest du golfe d'Aden (TFAL) et les hauts niveaux de coraux de la dépression Afar (Ethiopie); géochronologie et paléoclimats interglaciaires. *Coll. Int. CNRS*, 219, 103-116.
- I.S.E.R.S.T., 1978 — Carte géologique de la République de Djibouti au 1:100 000 ; feuille de Khor Angar. Université de Bordeaux III-ISERST.
- JONES P.W., 1976 — Le magmatisme au stade initial de la fracturation des plaques arabe, nubienne et somalienne. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7, XVIII, 4, 829-830.
- JORON J.L., TREUIL M., JAFFREZIC H., VILLEMANT B. et RICHARD O., 1980 — Géochimie des éléments en trace du magnétisme de l'Afar et de la mégastructure Mer Rouge-Afar-golfe d'Aden. Implications pétrogénétiques et géodynamiques. *Bull. Soc. Géol. fr.*, 7, XXII, 6, 945-957.
- LAPEYRE L., 1939 — Le climat de Djibouti. Thèse, Paris.
- LAUGHTON A.S., 1966 — The Gulf of Aden in relation to the Red Sea and the Afar depression of Ethiopia. The World Rift System. *Geol. Surv. Pap. Canada*, 66, 14, 78-97.
- LAUGHTON A.S., WHITMARSH R.B. et JONES M.T., 1970 — The evolution of the Gulf of Aden. *Phil. Trans. Roy. Soc. London, A*, 267, 227-270.
- LEPINE J.C., RUEGG J.C. et STEINMETZ L., 1972 — Seismic profiles in the Djibouti area. *Tectonophysics*, 15, 59-64.
- LEPINE J.C., RUEGG J.C., 1973 — Premiers enseignements de la crise sismique survenue dans la région de Djibouti (TFAL) en mars-avril 1973. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 277, D, 33.
- LEPINE J.C., RUEGG J.C., 1976 — La séismicité du TFAL. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4, XVIII, 841-846.
- LEPINE J.C., RICHARD O., RUEGG J.C., TREUIL M. et VARET J., 1976 — Mise en évidence d'une zone de faille transformante reliant la vallée axiale de la dorsale de Tadjoura à celle de Ghoubbet-Asal (TFAL). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 283, D, 9.
- MAC FADYEN W.A., 1933 — Geology of British Somaliland. Crown Agents, London, 87p.

- MAC KENZIE D.P., DAVIES D. et MOLNAR P., 1970 — Plate tectonics of the Red Sea and East Africa. *Nature*, London, 226, 243-249.
- MAKRIS J., ZIMMERMANN J., BALAN A., LEBRAS A., 1975 — Gravity study of the Djibouti Area. *Tectonophysics*, 27, 177-185.
- MARINELLI G., VARET J., 1973 — Structure et évolution du « Horst Danakil » (Ethiopie et TFAI). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 276, D, 1119.
- MERLA G., ABBATE E., CANUTI P., SAGRI M. et TACCONI P., 1973 — Geological map of Ethiopia and Somalia, scale 1:2 000 000. CNR Roma.
- MISSION de COOPERATION TECHNIQUE ALLEMANDE, 1982 — Hydrogéologie. Inventaire et mise en valeur des ressources en eau de la République de Djibouti. Rapport de mission Génie Rural Djibouti, 4 vol.
- MOHR P., 1970 — The Afar triple junction and sea floor spreading. *J. Geophys. Res.*, 75, 7340-7352.
- MULLER J., DELAHAYE M., WEIDMANN M. et CHEESEX R., 1973 — K/Ar geochronology of the Eali Sabîh volcanic area (French Afar and Issa Territory, East Africa). In : "Geochronological Abstracts", Cahen éd., Brussels.
- NEEDHAM H.D., CHOUKROUNE P., CHEMINEE J.L., LE PICHON X., FRANCHETEAU J. et TAPPONNIER P., 1976 — The accreting plate boundary: Ardoukôba Rift (N.E. Africa) and the oceanic Rift Valley. *Earth. Planet. Sc. Let.*, 28, 439-453.
- PONTOISE B., LEPINE J.C. et RUEGG J.C., 1976 — Atténuation des ondes sismiques en TFAI. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7, XVIII, 4. 847-850.
- REVUE de GEOGRAPHIE PHYSIQUE et de GEOLOGIE DYNAMIQUE, 1973 — N° spécial Afar. 2^e s., XV, 4.
- RICHARD O., 1979 — Etude de la transition dorsale océanique-rift émergé : le golfe de Tadjoura (République de Djibouti). Thèse, Paris XI.
- RICHARD O., VARET J., 1980 — Study of the transition from deep oceanic to emerged rift zone: Gulf of Tadjoura (Rep. of Djibouti), 569-582. In : "Geodynamic evolution of the Afro-Arabian Rift System", Accademia nazionale dei Lincei éd. Rome, 705p.
- RUEGG J.C., 1975 — Structure profonde de la croûte et du manteau supérieur dans le sud-est de l'Afar d'après les données sismiques. *Ann. Géophys.*, 31, 3, 329-360.
- RUEGG J.C., LEPINE J.C., et VINCENT C., 1980 — Sismicité et microsismicité de la dorsale de Tadjoura, tectonique et frontière de plaques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7, XXII, 6, 917-923.
- SCHNEIDER W., WACHENDORF H., 1973 — Vulkanismus und Graben-Bildung im Rotem Meer. *Geol. Rundsc.* 62, 3, 754-773.
- S.O.E.C. (Somaliland Oil Exploration C°), 1954 — A geological reconnaissance of the sedimentary deposits of the Protectorate of British Somaliland. London, 42p.
- STIELTJES L., 1973 — L'axe tectono-volcanique d'Asal (TFAI et Afar central). Thèse 3^e cycle, Paris-Sud, 196p.
- SYKES L.A., LANDISMAN M., 1964 — The seismicity of east Africa, Gulf of Aden, Arabian and Red Sea. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 54, 1927-1940.
- TAPPONNIER P., VARET J., 1974 — La zone de Mak'Arassou en Afar : un équivalent émergé des « failles transformantes » océaniques. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 278, D, 209-212.

- TAZIEFF H., 1969 — Tectonique de l'Afar septentrional (Ethiopie). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 268, 2030-2033.
- TAZIEFF H., MARINELLI G., BARBERI F. et VARET J., 1969 — Géologie de l'Afar septentrional. *Bull. Volcan.*, 33, 1039-1072.
- TAZIEFF H., VARET J., BARBERI F. et GIGLIA G., 1972 — Tectonic significance of the Afar (or Danakil) Depression. *Nature*, London, 235, 144-147.
- THIBAUT C., 1980 — Dating of Quaternary tectonic movements in the Republic of Djibouti. 554-568. In: "*Geodynamic Evolution of the Afro-Arabian Rift System*", Accademia Nazionale dei Lincei éd., Rome, 47, 705p.
- TISSEAU J., 1978 — Evolution du golfe d'Aden et du bassin de Somalie (océan Indien) d'après les données magnétiques. Thèse 3^e cycle, Paris-Sud.
- TURI A., BENCINI A., GONELLI I., 1980 — Mn et Fe distribution in the Jurassic sequence of Bihendula (Northern Somalia). *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 99, 23-34.
- VARET J. — Critères pétrologiques, géochimiques et structuraux de la genèse et de la différenciation des magmas basaltiques : exemple de l'Afar. Thèse d'Etat, Paris-Sud, 491p.
- VARET J., GASSE F., 1978 — Géologie de l'Afar central et méridional. CNRS éd., 125p.
- VINCENT C. et RUEGG J.C., 1977 — P and S velocities in SE Afar and the Poisson's ratio regionalisation related with the sub-oceanic lithosphere. *Proceeding of IAS-PEI/IAVCEI Assembly*, Durham.

ANNEXES

ANNEXE 1 - CARTE 1



ÉCHANTILLONS VOLCANIQUES ANALYSÉS

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Roche | Minéralogie | Situation |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|
| Basaltes fissuraux anciens | | | | |
| MG 14 | KH 505 337 | basalte à andésine | aphyrique, olivine, plagio., pyroxène, verre | butte est d'Éali Sabih |
| MAS 14 | | — | | plaine de Werka |
| IR 58 B | KH 553 454 | basalte à olivine | porphyrique à pyroxène, plagio., opaques | coulée intermédiaire Daeasbiyyo |
| IB 2 | KH 603 247 | — | porphyrique à olivine, plagio., pyroxène | coulée intermédiaire Armakato |
| Rhyolites des Mablās | | | | |
| Laves massives, ignimbrites | | | | |
| IR 55 A | KH 690 710 | rhyolite ? | | Arallaye Siqid Haroun |
| IR 17 | KH 472 428 | comendite | ignimbrite recristallisée à quartz, feldspath alcalin | base Damêrkaddae |
| IR 20 | KH 473 322 | pantellérite | ignimbrite recristallisée à quartz, feldspath alcalin, aenigmatite, pyroxène, amphibole | sommet Damêrkaddae |
| IR 34 B | KH 663 248 | rhyolite ? | | Mont Boura (sommet) |
| IR 5 A | KH 600 475 | rhyolite ? | | N Daeasbiyyo Armakato |
| IR RR D | KH 690 710 | rhyolite ? | | Arallaye Siqid Hâroun |
| Dykes | | | | |
| IR I | KH 548 365 | rhyolite à quartz, ex-comendite | porphyrique à quartz, feldspaths alcalins | dyke N d'Éali Sabih |
| IR 33 A | KH 660 252 | rhyolite ? | | dyke Mt Boura (base) |
| IR 62 B | KH 686 322 | ex-pantellérite | subgranophyrique à feldspath alcalin, quartz | dyke N Éali Éadde |
| IR 33 L | KH 662 252 | trachyrhyolite | porphyrique, à feldspath, plagio., pyroxène, opaques, apatite | dyke Mt Boura (base) |
| MAS 94 | KH 646 430 | ex-comendite | microporphyrique, à anorthose | dyke base Horor Yare |
| MAS 97 | KH 646 392 | pantellérite | aphyrique, à anorthose, pyroxène | dyke plaine de Werka |
| MAS 101 | KH 614 397 | comendite | hyaloporphyrique recristallisée | dyke Farah Youfis (Werka) |
| Basalte du Dalha | | | | |
| TF 861 A | KH 658 690 | basalte à andésine | aphyrique à plagio, olivine, opaques | Kalaloho (base) S Weea |
| TF 861 B | KH 658 690 | basalte à andésine | aphyrique, à plagio, olivine, opaques | Kalaloho (milieu) |
| TF 862 | KH 658 688 | basalte à andésine | porphyrique à olivine, plagio., pyroxène, opaques | Kalaloho (sommet) |
| MAS 81 D | KH 415 355 | basalte | aphyrique, pâte à plagio, pyroxène, olivine, opaques | Awreawsa Weyn (base) |
| MAS 81 C | KH 423 348 | basalte | aphyrique, idem MAS 81 D | Awreawsa Weyn (milieu) |
| MAS 81 B | KH 428 338 | basalte à andésine | subaphyrique à olivine, plagio., pyroxène (peu) | Awreawsa Weyn (sommet) |
| Basaltes Somalis | | | | |
| MAS 91 A | KH 770 175 | basalte à andésine | subaphyrique à plagio., olivine, pyroxène, opaques | Gêstir Weyn (base) |
| MAS 91 C | KH 770 174 | ferro-basalte | subaphyrique à plagio, pyroxène, opaques, olivine | Gêstir Weyn (sommet) |
| Rhyolites de Ribta | | | | |
| MAS 64 | KH 770 682 | comendite | perlite hyalo-porphyrique à anorthose, pyroxène | Ibrin |
| Basaltes stratoïdes | | | | |
| TF 773 | KH 505 722 | basalte | | Dabagellada |
| Basaltes initiaux | | | | |
| TF 738 A | KH 635 684 | ferro-basalte | subaphyrique doléritique | cascade de Mogor |
| TF 738 B | — | — | — | — |
| TF 742 A | KH 668 720 | ferro-basalte | subaphyrique doléritique | Weea |
| TF 742 B | — | — | — | — |
| TF 742 C | — | — | — | — |

ANNEXE 2 - TABLEAU 1

**ANALYSES CHIMIQUES ET NORMATIVES DES BASALTES
FISSURAUX ANCIENS D'ÉALI SABÏH**

| | MAS14 | MG14 | IR58B | IB2 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| ANALYSE CHIMIQUE | | | | |
| Si O ₂ | 51.82 | 51.57 | 46.94 | 46.11 |
| Ti O ₂ | 1.84 | 1.80 | 3.16 | 2.23 |
| Al ₂ O ₃ | 14.98 | 14.22 | 12.87 | 14.09 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.81 | 2.03 | 5.27 | 6.96 |
| Fe O | 8.79 | 7.87 | 7.26 | 5.20 |
| Mn O | 0.16 | 0.17 | 0.06 | 0.07 |
| Mg O | 6.60 | 6.60 | 4.27 | 4.53 |
| Ca O | 10.33 | 10.60 | 12.37 | 12.28 |
| Na ₂ O | 2.34 | 2.56 | 2.82 | 3.18 |
| K ₂ O | 0.59 | 0.61 | 0.47 | 0.73 |
| P ₂ O ₅ | 0.21 | 0.21 | 0.40 | 0.35 |
| H ₂ O + | 1.08 | 1.30 | 3.03 | 2.85 |
| H ₂ O - | 0.0 | 0.0 | 0.99 | 0.60 |
| CO ₂ | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Total | 99.55 | 99.63 | 99.91 | 99.23 |
| ANALYSE NORMATIVE | | | | |
| SUMD | 100.01 | 100.01 | 100.02 | 100.02 |
| OZ | 3.44 | 3.48 | 3.54 | 0.50 |
| OR | 3.54 | 3.67 | 2.90 | 4.50 |
| AB | 20.10 | 22.02 | 24.87 | 28.08 |
| AN | 29.08 | 25.94 | 21.98 | 22.99 |
| NE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| LE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| KA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CO | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| AC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| WO | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 1.96 |
| WO* | 9.00 | 10.91 | 16.38 | 14.00 |
| EN* | 4.90 | 6.45 | 11.09 | 11.90 |
| FS* | 3.79 | 3.91 | 4.04 | 0.26 |
| EN | 11.79 | 10.26 | 0.0 | 0.0 |
| FS | 9.13 | 6.22 | 0.0 | 0.0 |
| AK | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| FO* | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| FA* | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| EMT | 1.19 | 2.99 | 7.97 | 10.54 |
| HE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| IL | 3.65 | 3.65 | 6.26 | 4.42 |
| RU | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| TN | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PF | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| SM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| AP | 0.61 | 0.51 | 0.99 | 0.87 |
| CC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

MAS 14 : coulée basaltique (Plaine de Werka)

MG 14 : coulée basaltique (butte est d'Éali Sabïh)

*IR 58B : coulée de basalte intercalaire (Rakoubiel)

*IB 2 : coulée de basalte intercalaire (Armakato)

* analyses GADALIA (1980).

**ANALYSES CHIMIQUES ET NORMATIVES
DES RHYOLITES DU MIOCÈNE INFÉRIEUR ET MOYEN
DE LA RÉGION D'ÉALI SABÏH**

RHYOLITES MASSIVES - IGNIMBRITES

DYKES RHYOLITIQUES

| | IR 55A | IR 17 | IR 20 | IR 34B | IR 5A | IR 55D | IR 1 | IR 33A | IR 62B | MAS 94 | IR 33c | MAS101 | MAS 97 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ANALYSE CHIMIQUE | | | | | | | | | | | | | |
| Si O ₂ | 77.94 | 75.90 | 71.92 | 76.67 | 71.83 | 77.45 | 75.60 | 75.09 | 78.75 | 77.00 | 66.15 | 60.54 | 56.02 |
| Ti O ₂ | 0.23 | 0.32 | 0.34 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.28 | 0.26 | 0.67 | 1.24 | 2.24 |
| Al ₂ O ₃ | 11.39 | 10.21 | 10.38 | 9.47 | 9.77 | 9.46 | 11.31 | 11.71 | 8.70 | 10.62 | 13.55 | 14.32 | 13.81 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.23 | 4.45 | 3.64 | 3.26 | 0.0 | 2.16 | 1.96 | 1.52 | 4.17 | 2.03 | 2.26 | 7.16 | 5.62 |
| Fe O | 0.42 | 0.34 | 1.18 | 0.33 | 3.60 | 0.62 | 0.28 | 0.19 | 0.47 | 0.11 | 3.46 | 1.09 | 3.70 |
| Mn O | 0.0 | 0.0 | 0.04 | 0.0 | 0.08 | 0.01 | 0.0 | 0.0 | 0.08 | 0.01 | 0.07 | 0.11 | 0.15 |
| Mg O | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.01 | 0.0 | 0.0 | 0.13 | 0.37 | 0.01 | 1.66 | 2.66 |
| Ca O | 0.06 | 0.32 | 0.17 | 0.36 | 0.09 | 0.17 | 0.33 | 0.48 | 0.88 | 0.29 | 2.03 | 2.52 | 5.04 |
| Na ₂ O | 3.42 | 3.54 | 4.53 | 2.55 | 3.39 | 2.26 | 2.43 | 2.56 | 1.79 | 1.90 | 4.56 | 3.93 | 3.35 |
| K ₂ O | 4.80 | 4.82 | 5.05 | 4.80 | 2.13 | 4.75 | 5.20 | 5.27 | 4.72 | 6.00 | 4.53 | 3.65 | 3.01 |
| P ₂ O ₅ | 0.06 | 0.10 | 0.06 | 0.36 | 0.0 | 0.08 | 0.20 | 0.08 | 0.02 | 0.14 | 0.24 | 0.40 | 0.84 |
| H ₂ O + | 0.92 | 0.0 | 1.30 | 1.61 | 0.0 | 2.50 | 1.34 | 1.73 | 0.0 | 1.81 | 2.17 | 4.31 | 4.09 |
| H ₂ O - | 0.18 | 0.0 | 0.46 | 0.50 | 0.0 | 0.47 | 0.0 | 0.38 | 0.0 | 0.0 | 0.33 | 0.0 | 0.0 |
| CO ₂ | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Total | 100.65 | 100.00 | 99.07 | 100.13 | 91.09 | 100.13 | 98.81 | 99.16 | 99.99 | 100.54 | 100.03 | 100.93 | 100.53 |
| ANALYSE NORMATIVE | | | | | | | | | | | | | |
| SUMD | 100.00 | 100.01 | 100.00 | 100.02 | 100.00 | 100.00 | 100.01 | 100.00 | 100.00 | 100.01 | 100.01 | 100.02 | 100.05 |
| OZ | 38.91 | 37.66 | 29.56 | 44.61 | 39.45 | 47.33 | 42.51 | 40.44 | 48.80 | 42.76 | 18.65 | 17.58 | 14.39 |
| OR | 28.49 | 28.48 | 30.66 | 28.93 | 13.23 | 28.88 | 31.52 | 32.08 | 27.89 | 35.90 | 27.44 | 22.32 | 18.44 |
| AB | 29.06 | 25.68 | 25.97 | 22.00 | 30.15 | 19.67 | 21.09 | 22.31 | 15.14 | 16.28 | 39.54 | 34.40 | 29.38 |
| AN | -0.09 | 0.0 | 0.0 | -0.57 | 0.47 | 0.33 | 0.34 | 1.92 | 1.77 | 0.53 | 3.21 | 10.23 | 14.27 |
| NE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| LE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| KA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CO | 0.61 | 0.0 | 0.0 | 0.29 | 1.82 | 0.50 | 1.61 | 1.15 | 0.0 | 0.82 | 0.0 | 0.29 | 0.0 |
| AC | 0.0 | 3.75 | 10.82 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| WO | 0.0 | 0.39 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.66 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| WO* | 0.0 | 0.0 | 0.19 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.37 | 0.0 | 2.30 | 0.0 | 2.49 |
| EN* | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.32 | 0.0 | 0.02 | 0.0 | 2.15 |
| FS* | 0.0 | 0.0 | 0.22 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.59 | 0.0 | 0.0 |
| EN | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.03 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.93 | 0.01 | 4.28 | 4.71 |
| FS | 0.0 | 0.0 | 1.51 | 0.0 | 14.48 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.01 | 0.0 | 0.0 |
| AK | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| FO* | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| FA* | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| EMT | 0.69 | 0.17 | 0.0 | 0.43 | 0.0 | 1.52 | 0.45 | 0.18 | 0.96 | 0.0 | 3.36 | 0.29 | 6.14 |
| HE | 0.76 | 3.04 | 0.0 | 3.03 | 0.0 | 1.17 | 1.70 | 1.44 | 3.51 | 2.06 | 0.0 | 7.21 | 1.59 |
| IL | 0.44 | 0.61 | 0.66 | 0.43 | 0.40 | 0.37 | 0.31 | 0.29 | 0.53 | 0.26 | 1.30 | 2.44 | 4.41 |
| RU | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.13 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| TN | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PF | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| SM | 0.0 | 0.0 | 0.26 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| AP | 0.14 | 0.24 | 0.15 | 0.87 | 0.0 | 0.20 | 0.49 | 0.20 | 0.05 | 0.34 | 0.58 | 0.98 | 2.07 |
| CC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

ANNEXE 2 - TABLEAU 3

ANALYSES CHIMIQUES DES SÉRIES DU DALHA ET DE RIBTA

BASALTES DU DALHA

RHYOLITES
DE RIBTA

| | TF 861A | TF 861B | MAS 81B | MAS 81C | MAS 81D | MAS 64 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| ANALYSE CHIMIQUE | | | | | | |
| Si O ₂ | 48.79 | 48.06 | 46.93 | 47.91 | 47.89 | 69.73 |
| Ti O ₂ | 2.77 | 3.02 | 2.14 | 3.67 | 3.79 | 0.31 |
| Al ₂ O ₃ | 14.44 | 14.02 | 14.78 | 13.29 | 12.87 | 11.05 |
| Fe ₂ O ₃ | 7.22 | 6.37 | 5.69 | 6.09 | 4.84 | 2.22 |
| Fe O | 7.46 | 8.68 | 5.91 | 8.35 | 9.52 | 2.12 |
| Mn O | 0.06 | 0.06 | 0.19 | 0.23 | 0.24 | 0.19 |
| Mg O | 2.94 | 2.95 | 6.12 | 5.43 | 5.79 | 0.22 |
| Ca O | 7.61 | 7.66 | 12.73 | 9.84 | 10.01 | 1.17 |
| Na ₂ O | 4.14 | 4.15 | 2.72 | 2.58 | 2.42 | 3.01 |
| K ₂ O | 1.20 | 1.12 | 0.62 | 0.72 | 0.77 | 5.22 |
| P ₂ O ₅ | 1.52 | 1.48 | 0.41 | 0.65 | 0.74 | 0.02 |
| H ₂ O + | 0.99 | 1.64 | 2.15 | 0.87 | 0.96 | 5.55 |
| H ₂ O - | 0.24 | 0.36 | 0.0 | 0.0 | 0.23 | 0.0 |
| CO ₂ | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Total | 99.38 | 99.57 | 100.39 | 99.63 | 100.07 | 100.81 |
| ANALYSE NORMATIVE | | | | | | |
| SUMD | 100.09 | 100.09 | 100.03 | 100.04 | 100.04 | 100.00 |
| QZ | 4.61 | 3.04 | 0.0 | 5.52 | 4.38 | 31.05 |
| QR | 7.22 | 6.78 | 3.73 | 4.31 | 4.60 | 32.38 |
| AB | 35.67 | 35.97 | 23.42 | 22.09 | 20.70 | 26.72 |
| AN | 17.61 | 18.73 | 26.76 | 22.84 | 22.23 | 1.29 |
| NE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| LE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| KA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CO | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| AC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| WO | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| WO* | 4.49 | 5.14 | 14.52 | 9.30 | 9.64 | 1.95 |
| EN* | 2.89 | 2.77 | 10.93 | 6.37 | 5.93 | 0.46 |
| FS* | 1.29 | 2.19 | 2.13 | 2.20 | 3.16 | 1.60 |
| EN | 4.56 | 4.75 | 3.23 | 7.32 | 8.65 | 0.11 |
| FS | 2.24 | 3.75 | 0.63 | 2.53 | 4.60 | 0.39 |
| AK | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| FO* | 0.0 | 0.0 | 0.95 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| FA* | 0.0 | 0.0 | 0.20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| EMT | 10.67 | 9.47 | 8.40 | 8.94 | 7.10 | 3.38 |
| HE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| IL | 5.36 | 5.88 | 4.14 | 7.06 | 7.28 | 0.62 |
| RU | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| TN | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PF | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| SM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| AP | 3,67 | 3.60 | 0.99 | 1.56 | 1.77 | 0.05 |
| CC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

TF* : RICHARD (1979)

IR* : GADALIA (1980)

ANALYSES CHIMIQUES DES BASALTES PLOCÈNES

| | BASALTES DU SOMALIS | | STRATOÏDE | BASALTES INITIAUX DE BORDURE DU GOLFE | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------|-----------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | MAS 91A | MAS 91c | TF 773 | TF 738A | TF 738B | TF 742A | TF 742B | TF 742c |
| ANALYSE CHIMIQUE | | | | | | | | |
| Si O ₂ | 48.49 | 49.60 | 46.79 | 46.17 | 46.47 | 45.94 | 45.83 | 44.98 |
| Ti O ₂ | 2.30 | 3.51 | 2.31 | 3.00 | 2.85 | 2.96 | 2.83 | 3.82 |
| Al ₂ O ₃ | 15.69 | 13.42 | 13.89 | 13.31 | 13.07 | 13.39 | 13.51 | 1.94 |
| Fe ₂ O ₃ | 4.45 | 4.58 | 0.85 | 5.91 | 5.35 | 5.29 | 4.24 | 8.63 |
| Fe O | 7.32 | 9.15 | 12.39 | 10.25 | 10.29 | 10.66 | 11.47 | 11.03 |
| Mn O | 0.20 | 0.23 | 0.09 | 0.08 | 0.05 | 0.10 | 0.10 | 0.09 |
| Mg O | 5.95 | 5.01 | 9.19 | 6.14 | 6.14 | 6.68 | 6.41 | 5.33 |
| Ca O | 11.02 | 9.24 | 10.43 | 9.95 | 10.03 | 10.04 | 9.98 | 9.19 |
| Na ₂ O | 2.40 | 3.13 | 2.74 | 2.78 | 2.80 | 2.83 | 2.77 | 2.79 |
| K ₂ O | 0.26 | 0.78 | 0.69 | 0.59 | 0.50 | 0.60 | 0.57 | 0.49 |
| P ₂ O ₅ | 0.26 | 0.66 | 0.27 | 0.20 | 0.10 | 0.20 | 0.21 | 0.18 |
| H ₂ O + | 0.70 | 0.34 | 0.47 | 0.49 | 1.11 | 0.45 | 0.63 | 0.27 |
| H ₂ O - | 0.0 | 0.0 | 0.17 | 0.21 | 0.19 | 0.21 | 0.16 | 0.25 |
| CO ₂ | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Total | 99.04 | 99.65 | 100.28 | 99.08 | 98.95 | 99.35 | 98.76 | 99.19 |
| POURCENTAGE CATIONIQUE | | | | | | | | |
| SI | 46.53 | 47.55 | 43.63 | 44.69 | 45.24 | 44.16 | 44.37 | 44.11 |
| TI | 1.66 | 2.53 | 1.62 | 2.18 | 2.09 | 2.14 | 2.10 | 2.82 |
| AL | 17.74 | 15.16 | 15.26 | 15.18 | 14.99 | 15.17 | 15.41 | 13.80 |
| FE ₃ | 3.21 | 3.30 | 0.60 | 4.30 | 3.92 | 3.82 | 3.09 | 6.37 |
| FE ₂ | 5.87 | 7.33 | 9.66 | 8.30 | 8.38 | 8.57 | 9.28 | 9.04 |
| MN | 0.16 | 0.19 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.08 | 0.08 | 0.07 |
| MG | 8.50 | 7.15 | 12.76 | 8.85 | 8.90 | 9.56 | 9.24 | 8.08 |
| CA | 11.33 | 9.49 | 10.42 | 10.32 | 10.46 | 10.34 | 10.35 | 9.65 |
| NA | 4.46 | 5.81 | 4.95 | 5.21 | 5.28 | 5.27 | 5.20 | 5.30 |
| K | 0.32 | 0.95 | 0.82 | 0.73 | 0.62 | 0.74 | 0.70 | 0.61 |
| ANALYSE NORMATIVE | | | | | | | | |
| SUMD | 100.02 | 100.04 | 100.02 | 100.01 | 100.01 | 100.01 | 100.01 | 100.01 |
| QZ | 3.67 | 4.16 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.89 |
| QR | 1.56 | 4.64 | 4.09 | 3.54 | 3.03 | 3.59 | 3.44 | 2.93 |
| AB | 20.64 | 26.66 | 19.88 | 23.90 | 24.25 | 24.25 | 23.91 | 23.91 |
| AN | 31.80 | 20.41 | 23.65 | 22.46 | 22.14 | 22.36 | 23.22 | 18.86 |
| NE | 0.0 | 0.0 | 1.83 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| LE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| KA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CO | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| AC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| WO | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| WO* | 9.21 | 8.94 | 11.06 | 11.01 | 11.75 | 11.18 | 10.82 | 10.92 |
| EN* | 6.00 | 5.27 | 5.93 | 6.54 | 6.81 | 6.53 | 5.77 | 6.81 |
| FS* | 2.57 | 3.23 | 4.77 | 3.91 | 4.39 | 4.12 | 4.70 | 3.45 |
| EN | 9.06 | 7.29 | 0.0 | 7.36 | 7.41 | 3.98 | 3.73 | 7.15 |
| FS | 3.88 | 4.47 | 0.0 | 4.40 | 4.78 | 2.51 | 3.04 | 3.63 |
| AK | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| FO* | 0.0 | 0.0 | 11.94 | 1.15 | 1.01 | 4.45 | 4.76 | 0.0 |
| FA* | 0.0 | 0.0 | 10.58 | 0.75 | 0.72 | 3.10 | 4.27 | 0.0 |
| EMT | 6.56 | 6.69 | 1.24 | 8.71 | 7.94 | 7.77 | 6.27 | 12.68 |
| HE | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| IL | 4.44 | 6.71 | 4.40 | 5.79 | 5.54 | 5.70 | 5.58 | 7.35 |
| RU | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| TN | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PF | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| SM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PM | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| AP | 0.63 | 1.58 | 0.64 | 0.48 | 0.24 | 0.48 | 0.51 | 0.43 |
| CC | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

TF* : RICHARD (1979)

**DATATIONS POTASSIUM ARGON DES ROCHES VOLCANIQUES
D'ĒALI SABĪH**

ANNEXE 3

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Roche | Situation | K % | ⁴⁰ AR rad % | Age en M.A. |
|-----------------------------------|-----------------------|------------|--------------------------------|------|------------------------|-------------|
| BASALTES FISSURAUX ANCIENS | | | | | | |
| JM 41 | KH 515 355 | basalte | N Dagahha Ĕambarka | 0,73 | 33 | 26,7 ± 1,0 |
| GE 11 | KH 509 349 | basalte | S Dagahha Ĕambarka | 0,55 | 20 | 22,6 ± 0,9 |
| • MAS 93 M | KH 676 468 | basalte | sommet série W Siĕid Hāroūn | — | — | — |
| RHYOLITES DES MABLAS | | | | | | |
| RC 11 | KH 671 216 | rhyolite | S Mt Boura | 3,64 | 87 | 25,2 ± 0,9 |
| JM 46 | KH 712 466 | ignimbrite | E Siĕid Haroun | 3,16 | 32 | 23,8 ± 0,9 |
| GE 8 | KH 670 265 | dyke | N Mt Boura | 3,57 | 41 | 22,3 ± 0,9 |
| JM 1 | KH 663 238 | ignimbrite | Mt Boura | 3,89 | 52 | 21,0 ± 0,8 |
| GE 10 | KH 509 348 | ignimbrite | S Dagahha Ĕambarka | 2,78 | 81 | 20,5 ± 0,7 |
| GE 42 | KH 457 296 | dyke | S Damĕrkaddac | 0,31 | 40 | 19,6 ± 0,6 |
| GE 9 | KH 671 212 | rhyolite | S Mt Boura | 4,20 | 77 | 19,1 ± 0,7 |
| GE 5 | KH 618 370 | dyke | Werka | 5,15 | 37 | 18,7 ± 0,7 |
| GE 6 | KH 616 359 | dyke | Werka | 3,79 | 49 | 17,7 ± 0,7 |
| JM 29 | KH 530 349 | dyke | E Dagahha Ĕambarka | 0,07 | 8 | 16,3 ± 1,9 |
| JM 16 | KH 482 360 | rhyolite | Afyaro (Hadla) | 3,82 | 72 | 14,3 ± 0,6 |
| GE 2 | KH 466 694 | rhyolite | base Fare Ghoubbat | 3,54 | 35 | 14,2 ± 0,7 |
| JM 25 | KH 498 360 | rhyolite | Gĕddi Bahal (Hadla) | 3,97 | 78 | 14,1 ± 0,6 |

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Roche | Situation | K % | ⁴⁰ AR rad % | Age en M.A. |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|------|------------------------|----------------------------------|
| RHYOLITES DES MABLAS (suite) | | | | | | |
| RC 13 | KH 472 342 | obsidienne | N Damêrkaddæ | 3,66 | 58 | 13,3 ± 0,6 |
| GE 3 | KH 466 694 | obsidienne | milieu Fare Ghoubbat | 2,67 | 27 | 10,8 ± 0,6 |
| RC 1 | KH 464 695 | tuf | milieu Fare Ghoubbat | 2,62 | 36 | 9,6 ± 0,5 |
| • MAS 83 L | KH 466 312 | perlite | base S Damêrkaddæ | 4,12 | 50,61 | 12,36 ± 0,46 ° |
| • MAS 93 B | KH 695 484 | rhyolite recristal. | base W Sicid Haroun | 2,95 | 33,19 33,3 | 20,62 ± 2,1 ° 19,16 ± 0,9 ° |
| • MAS 60 | KH 800 708 | rhyolite vitreuse | Gêd Koulanle | 3,09 | 62,7 82,3 | 10,67 ± 0,75 ° 11,42 ± 0,35 ° |
| BASALTES DU DALHA | | | | | | |
| W 19 | KH 283 662 | basalte | base Êounda Hemed | 0,49 | 15 | 8,0 ± 0,4 |
| GE 4 | KH 557 692 | basalte | Gêddi Dage | 1,34 | 36 | 7,9 ± 0,4 |
| GE 49 | KH 556 579 | basalte | base Gêd Koulanle | 0,55 | 33 | 7,3 ± 0,4 |
| MC 72-2 | KH 644 579 | basalte | base Gêddi Qayyad | 0,80 | 16 | 5,1 ± 0,6 |
| MC 72-1 | KH 644 579 | basalte | sommet Gêddi Qayyad | 0,98 | 27 | 4,9 ± 0,3 |
| • MAS 80 D | KH 427 340 | basalte | Awrcawsa Weyn (base) | 0,63 | 40,9 36,3 | 8,23 ± 0,6 7,50 ± 0,75 ° |
| • MAS 81 A | KH 384 363 | basalte | Awrcawsa Weyn sommet | 0,48 | 12,2 12,9 | 4,90 ± 0,98 ° 5,40 ± 1,08 ° |
| • MAS 80 A | KH 355 670 | basalte | Êadayle sommet Dalha | 0,41 | 43,1 26,8 | 6,95 ± 0,5 ° 7,51 ± 0,75 ° |

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Roche | Situation | K % | ⁴⁰ AR rad % | Age en M.A. |
|---|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--------------|------------------------|--------------------------------|
| ROCHES ACIDES DU SOMMET DU DALHA | | | | | | |
| GE 50 | KH 556 579 | trachyte | sommet Géd Koulanle | 3,73 | 48 | 4,6 ± 0,2 |
| BASALTES SOMALIS | | | | | | |
| DJ 54 | KH 815 355 | basalte | Sôloâd (base) | 0,40 | 11 | 6,3 ± 1,2 |
| DJ 55 | KH 815 355 | basalte | Sôloâd (milieu) | 0,51 | 19 | 5,6 ± 0,5 |
| DJ 56 | KH 815 355 | basalte | Sôloâd (sommet) | 0,44 | 10 | 5,0 ± 0,9 |
| • MAS 95 | KH 648 433 | basalte porphyrique | Horror Yare | 0,49 | 10,3 10,9 | 6,96 ± 1,4 ° 7,2 ± 1,4 ° |
| • MAS 62 | KH 802 700 | basalte aphyrique | Boule Yare (base série) | 0,46 0,55 | 23,5 23,2 | 4,84 ± 0,5 4,29 ± 0,43 ° |
| • MAS 92 A | KH 787 189 | basalte à andésine | oued Hadla (base) | 0,69 | 19,5 7,9 | 4,25 ± 0,85 ° 4,12 ± 2,06 ° |
| • MAS 92 E | KH 786 187 | ferro-basalte | oued Hadla (sommet) | 0,72 | 17,2 14,2 | 3,11 ± 0,62 ° 3,00 ± 0,60 ° |
| SERIE STRATOIDE | | | | | | |
| Basaltes stratoïdes inférieurs | | | | | | |
| • MAS 80 C | KH 352 670 | basalte | oued Edayle (base série) | 0,29 | 17,1 10,1 | 3,12 ± 0,62 ° 2,80 ± 0,56 ° |
| Basaltes stratoïdes moyens | | | | | | |
| TF 735 | KH 556 614 | basalte | Hididdaley (E) | 1,12 | 6,1 | 2,7 ± 0,3 |
| TF 736 | KH 549 608 | basalte | Hididdaley (W) | 0,43 | 7,1 | 2,0 ± 0,2 |

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Roche | Situation | K % | ⁴⁰ AR rad % | Age en M.A. |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|------|------------------------|---------------|
| Rhyolites intercalaires | | | | | | |
| • MAS 80 1 | KH 344 674 | trachyte sombre | oued Eadayle base des ρ | 1,52 | 2,51 | 0,76 ± 0,05 * |
| | | | | 1,52 | 2,52 | 1,37 ± 0,9 * |
| • MAS 52 | KH 290 710 | obsidienne | | 3,9 | 36,4 | 0,76 ± 0,05 ° |
| | | | | 3,9 | 22,8 | 0,95 ± 0,02 * |
| BASALTES INITIAUX | | | | | | |
| TF 742 A | KH 668 720 | basalte | Weça | 0,47 | 6,1 | 2,8 ± 0,3 |
| TF 738 A | KH 635 684 | basalte | cascade Moqor | 0,59 | 4,8 | 1,2 ± 0,2 |

GE, JM, RC, MC, DJ : CHESSEX et al., 1975.

W : BARBERI et al., 1975.

TF : RICHARD, 1979.

• MAS : échantillons prélevés lors de la présente étude et analyses effectuées par

° BAUBERON (Laboratoire géochronologique B.R.G.M.)

* GILLOT (Laboratoire géochronologique C.E.A. Saclay)

ANNEXE IV

**ANALYSES PETROGRAPHIQUES
DES FORMATIONS SEDIMENTAIRES ANCIENNES (lames minces)**

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Situation | Diagnose |
|--|-----------------------|------------------|---|
| j⁷ CALCAIRES MASSIFS PYRITEUX | | | |
| RAS 13 | KH 531 262 | oued Eadayyâle | Biomicrite à cubes de pyrite, globules d'opale et quartz détritiques. |
| RAS 22 | — | — | lamines de micrite gréseuse ; fissures à remplissage de calcite spathique, quartz et barytine. |
| RAS 23 | — | — | biopelcalcarénite à algues et foraminifères, ciment de calcite sparitique. |
| RAS 147 | — | — | biomicrite à lamellibranches, foraminifères, avec quelques pelotes. |
| RAS 148 | — | — | biomicrite à lamellibranches, gastéropodes, foraminifères, avec quelques pelotes et des quartz automorphes diagénétiques. |
| RAS 149 | — | — | biomicrite à lamellibranches, gastéropodes, foraminifères, avec quartz automorphes à inclusions d'anhydrite ; fissures à remplissage de calcite sparitique. |
| RAS 152 | KH 526 255 | oued Eadayyâle | cornéenne calcique à lits de grenats. |
| RAS 153 | — | — | biomicrite à lamellibranches, gastéropodes, foraminifères, échinides. |
| RAS 154 | — | — | calcarénite à foraminifères. |
| RAS 155 | — | — | oobiocalcarénite à foraminifères, échinides et lamellibranches |
| j⁸ CALCAIRES GRÉSEUX A AMMONITES | | | |
| RAS 9 | KH 525 287 | NW oued Eabolley | cornéenne calcique litée à grenats et idocrase |
| RAS 10 | — | — | cornéenne calcique laminée à lits de grenats, calcite et porphyroblastes d'idocrase. |

ANNEXE IV (suite)

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Situation | Diagnose |
|---|-----------------------|--------------------------------------|---|
| RAS 11 | KH 525 287 | NW oued Éobolley | calcaire cristallin |
| RAS 15 | KH 531 265 | oued Éadayyâle | calcaire gréseux métamorphisé à grenats calciques. |
| RAS 20 | KH 528 262 | oued Éadayyâle | alternance de laminites de calcite sparitique et de calcaré- nite gréseuse. |
| RAS 70 | KH 535 248 | entre Arrey Gab et Wârâbaley | laminés de microsparite affectées de microslumps |
| RAS 74 | KH 531 244 | Arrey Gab | biomicrite gréseuse. |
| RAS 76 | — | — | calcaire bréchique à éléments de micro-sparite et calcite spathique. |
| RAS 78 | — | — | calcaire gréseux à laminations marquées par des oxydes. |
| RAS 159 | KH 526 255 | oued Éadayyâle | alternance de limets marneux et de limets de calcite en cristaux palissadiques. |
| RAS 160 | — | — | cornéennes calciques à grenats et calcite. |
| RAS 161 | — | — | cornéenne calcique à calcite, grenats et quartz. |
| RAS 163 | KH 535 258 | W Warâbaley | microsparite à nodules de cal- cite spathique. |
| J^a CALCAIRES COMPACTS | | | |
| RAS 31 | KH 517 268 | E Monts Arrey Pt coté 1286 | micrite beige remplacée partiel- lement par de la calcite rhomboédrique. |
| RAS 32 | — | — | microsparite à fragments coralliaires |
| RAS 46 | KH 502 236 | entre Doun Yar et Pt coté 1289 | dismicrite à lamellibranches |
| RAS 47 | — | — | oobiocalcarénite à foraminifères, gastéropodes, coraux. |
| RAS 49 | — | — | biomicrite à coraux |
| RAS 50 | — | — | oobiocalcarénite à foraminifères (<i>Nautiloculina</i>), solénopores |
| RAS 51 | — | — | biomicrite à coraux ; fissures à remplissage de calcite sparitique. |

ANNEXE IV (suite)

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Situation | Diagnose |
|---|--------------------|--------------------------------|---|
| RAS 52 | KH 502 236 | entre Doun Yar et Pt coté 1289 | biomicrite à algues, foraminifères (<i>Pseudocyclamina</i>), oolites, pelotes. |
| RAS 53 | — | — | oocalcarénite à ciment sparitique. |
| RAS 55 | KH 501 238 | entre Doun Yar et Pt coté 1289 | biomicrite à lamellibranches, gastéropodes, coraux. |
| RAS 56 | — | — | oosparite, à oolites plus ou moins micritisés, pelotes et lithoclastes calcaires. |
| RAS 57 | — | — | oobiosparite avec oolites composés et à nuclei variés (lithoclastes, foraminifères, bioclaste). |
| RAS 66 | KH 544 255 | Warâbaley | grès fin ; éléments jointifs : quartz, quartzites, muscovite, microcline ; ciment : auréole de nourrissage siliceuse. |
| RAS 68 | — | — | lithobioalcarénite à coraux, lamellibranches, pelotes et ooides ; ciment de calcite poecelitique |
| RAS 69 | — | — | bioalcarénite à oolites composés, à ciment de calcite sparitique. |
| RAS 71 | KH 531 243 | Arrey Gab | biopelmicrite à échinides, gastéropodes, foraminifères (<i>Everticyclamina</i> , <i>Pseudocyclamina</i>). |
| RAS 72 | — | — | biomicrite à coraux, gastéropodes entiers et lamellibranches à valves jointives. |
| J^s CALCAIRES MARNEUX, MARNES GYPSIFÈRES ET DOLOMIES | | | |
| RAS 1 | KH 494 294 | Boholaley | dolomicrite à petits quartz détritiques et paillettes de muscovite. |
| RAS 2 | — | — | grès fins à éléments presque jointifs (quartz, feldspath, épidoite) et à ciment calcaire. |
| RAS 3 | — | — | grès fins à éléments presque jointifs (quartz, feldspath, biotite chloritisée) et à ciment calcaire. |
| RAS 27 | KH 474 247 | N Waraga Goldahanley | contact pelmicrite/gypse en grands cristaux à inclusions d'anhydrite et micro-cristaux en gerbes. |

ANNEXE IV (suite)

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Situation | Diagnose |
|--------|-----------------------|-------------------------|---|
| RAS 34 | KH 577 258 | N oued Wada Weyn | biosparite à échinides, gastéropodes, lamellibranches recristallisés, foraminifères (<i>Choffatella</i> , <i>Anchispirocyclina</i>). |
| RAS 35 | — | — | biooomicrosparite à lamellibranches et gastéropodes recristallisés et à lithoclastes de micrite gréseuse. |
| RAS 36 | — | — | microsparite bréchiqque, vacuolaire. |
| RAS 39 | — | — | gypse massif en baguettes, cristaux prismatiques ou lancéolés avec inclusions d'anhydrite. |
| RAS 40 | — | — | gypse massif avec quelques cristaux de calcite. |
| RAS 43 | — | — | calcite blanche pure avec stylolites. |
| RAS 63 | KH 474 247 | N Waraga Goldahanley | alternances de lamines de micrite et de biomicrite. |
| RAS 64 | — | — | microsparite à globules de matière organique. |
| RAS 65 | — | — | alternance de lamines de micrite et de sparite. |
| RAS 86 | KH 586 267 | oued Dadin | alternance de lamines de micrite gréseuse et de biomicrite. |
| RAS 87 | — | — | grès très fin à éléments plutôt jointifs (quartz, quartzites, feldspath, épidote, muscovite) ; ciment peu abondant (silice de nourrissage et calcite sparitique). |
| RAS 89 | KH 582 283 | Dalhawley | grès fin lité ; éléments anguleux (quartz, muscovite, feldspath, épidote) ciment : auréole de nourrissage siliceuse. |
| RAS 91 | KH 588 285 | Dalhawley | microsparite avec stylolites soulignés par des oxydes. |
| RAS 92 | — | — | grès très fins laminés ; éléments anguleux (quartz, feldspath potassique, épidotes, biotite chloritisée, muscovite) matrice phylliteuse ; ciment : calcite microsparitique. |

ANNEXE IV (suite)

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Situation | Diagnose |
|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|---|
| RAS 93 | KH 588 285 | Dalhawley | biomicrite à lamellibranches recristallisés (parfois avec valves jointives). |
| RAS 94 | — | — | grès très fin ; éléments anguleux (quartz, feldspath potassique) ; ciment : calcite microsparitique corrodant les éléments détritiques. |
| RAS 167 | KH 564 292 | source oued Hassan Gouled | biomicrite. |
| n GRÈS ET CALCAIRES GRÉSEUX | | | |
| RAS 30 | KH 474 247 | N Waraga Goldahanley | oobicalcarénite à foraminifères et à ciment de calcite sparitique. |
| RAS 44 | KH 582 266 | oued Dadîn | grès blanc à taches rouille : grès fin à éléments plutôt jointifs (quartz, quartzites), à ciment complexe : silice de nourrissage, calcite rhomboédrique et oxydes de fer formant les taches rouille. |
| RAS 58 | KH 482 252 | entre oueds Biyyadigley et Dabiley | calcarénite à quartz, microcline, à ciment de calcite sparitique. |
| RAS 60 | — | — | biomicrite à foraminifères |
| RAS 59 | — | — | biopelmicrite à foraminifères |
| RAS 61 | — | — | biocalcarénite à foraminifères |
| RAS 62 | — | — | dolomicrosparite à quartz détritique |
| RAS 169 | KH 564 292 | source oued Hassan Gouled | grès homométrique, à grain moyen ; éléments : quartz, quartzite, épidote ciment : calcite poecelitique. |
| RAS 171 | — | — | grès très fins, laminés, à éléments jointifs (quartz, muscovite, épidote), non cimenté. |
| RAS 172 | — | — | biocalcarénite à foraminifères. |
| C GRÈS D'ÉALI SABIH | | | |
| RAS 12 | KH 531 293 | N Éobolley | grès à grain moyen, non granoclassé, à éléments émoussés (quartz,) ciment : silice de nourrissage, oxydes, hématite. |

ANNEXE IV (suite)

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Situation | Diagnose |
|---------|--------------------|--------------------------------------|--|
| RAS 25 | KH 544 281 | butte entre oued Eobolley et Earmâle | grès grossier, non granoclassé, à éléments non jointifs (quartz, quartzite, muscovite, rhyolite), ciment : hématite, calcite sparitique. |
| RAS 97 | KH 662 324 | Gozondale Eadde | grès hétérométrique ; liseré d'impuretés sur les éléments (quartz, opaques, épidote, muscovite, plagioclases) ciment : auréole de nourrissage siliceuse. |
| RAS 98 | — | — | grès hétérométrique à grain fin éléments : quartz, opaques ciment : nourrissage siliceux. |
| RAS 99 | — | — | grès à grain moyen, à éléments anguleux (quartz) ; absence de ciment. |
| RAS 100 | — | — | grès à grain moyen à tendance quartzitique, à éléments jointifs (quartz, quartzites) ciment : silice, opaques. |
| RAS 101 | — | — | grès hétérométrique à grain moyen, à éléments émoussés (quartz, quartzites, épidote) ; matrice : illite. ciment : silice de nourrissage. |
| RAS 106 | KH 657 300 | S Gozondale Eadde | grès fin hétérométrique, à éléments arrondis (quartz) ciment : hématite développée à partir des fissures. |
| RAS 107 | KH 657 300 | S Gozondale Eadde | grès hétérométrique à grain moyen, éléments anguleux : quartz, quartzite, épidote. ciment : silice de nourrissage, opaques, hématite, calcite. |
| RAS 108 | — | — | grès à grain moyen granoclassé, à tendance quartzitique éléments : quartz, quartzite, épidote ciment : silice de nourrissage. |

ANNEXE IV (suite)

| Numéro | Coordonnées U.T.M. | Situation | Diagnose |
|---|--------------------|---|---|
| RAS 112 | KH 638 298 | S Goëondale Éadde | grès à grain moyen éléments anguleux : quartz, quartzites, lithoclastes de grès très fin ciment : silice de nourrissage |
| RAS 113 | KH 638 295 | S Goëondale Éadde | grès fin à la base, grossier au sommet, éléments : quartzites ($\phi \rightarrow 6$ mm), quartz ciment : silice de nourrissage. |
| RAS 114 | — | — | grès quartzite à grain moyen éléments : quartz ciment : silice de nourrissage. |
| RAS 117 | KH 648 260 | Goëondale Madobe | grès grossier avec petits éléments anguleux et gros éléments arrondis, éléments : quartz, quartzite ciment : oxydes, hématite. |
| RAS 120 | KH 624 264 | W Goëondale Madobe | grès à grain moyen éléments : quartz, quartzite, orthose, épidote, muscovite. ciment : silice de nourrissage. |
| RAS 121 | — | — | grès à grain moyen éléments émoussés : quartz, quartzite, orthose ciment : oxydes. |
| RAS 122 | — | — | grès à grain moyen éléments plutôt anguleux : quartzite, quartz. ciment : oxydes, calcite. |
| RAS 164 | KH 544 281 | butte entre oueds Éobolley et Éarmâle | grès à points rouille éléments : quartz, quartzite, orthose, muscovite, biotite altérée ciment : pyrite, hématite, oxydes fissures à remplissage de calcite. |
| RAS 165 | KH 624 170 | Dôli Weyn | grès quartzitique éléments : quartz ciment : silice de nourrissage |
| P CALCAIRES LACUSTRES INTERSTRATIFIÉS DANS LES BASALTES DU DALHA | | | |
| RAS 173 | KH 301 661 | oued Galammoudla | biocalcarénite à lamellibranches recristallisés. |
| RAS 174 | — | — | biomicrite à petits quartz détritiques |
| RAS 175 | — | — | calcaire à lits de sparite et lits à globules de quartz à structure en mosaïque (= verre volcanique dévitrifié). |

**Achévé d'imprimer
sur les presses de Copédith
7, rue des Ardennes, 75019 Paris
Juin 1986**

Dépôt légal n° 7740

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI

EALI SABÏH

dressée par : A.G. MAZET et F. RECROIX, F. BARBERI, F. GASSE et J. VARET

TADJOURA (N° 38-194)

RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI

INSTITUT SUPÉRIEUR D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES
SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

LEGENDE

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES D'ÂGE HOLOCÈNE (10 000 - 0 ANS BP)

- l^a Limons actuels
- a^b Alluvions et cônes de déjection actuels
- a^c Alluvions récentes
- a^d Alluvions récentes (terrace d'altitude supérieure)
- l^r Limons récents
- m^a Dépôts de rivage marins
- c Silt lacustres
- g Couverture de glaci, éboulis

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES D'ÂGE PLEISTOCÈNE SUPÉRIEUR (140 000 - 10 000 ANS BP)

- a^e Alluvions anciennes (limons graveleux)
- a^f Conglomérats fluviatiles consolidés

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES D'ÂGE PLEISTOCÈNE SUPÉRIEUR À PLEISTOCÈNE MOYEN

- Qa Conglomérats de piémont
- Qb Éboulis consolidés
- P Dépôts lacustres interstratifiés dans la série somalienne

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES D'ÂGE MIO-PLIOCÈNE

- P Dépôts lacustres interstratifiés dans les basaltes du Dalha

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES D'ÂGE JURASSICO-CRÉTACÉ

- C Grès d'Eali Sabih
- n Grès et calcaires gréseux
- fb Calcaires marneux, marnes gypsifères et dolomies
- fb Calcaires compacts
- fb Calcaires gréseux à ammonites
- fb Calcaires massifs pyriteux

FORMATIONS VOLCANIQUES QUATERNAIRES RÉCENTES

- fb Basaltes des marges externes d'Esasal
- fb Basaltes initiaux des bordures du golfe de Tadjoura

FORMATIONS VOLCANIQUES D'ÂGE PLIO-PLÉISTOCÈNE

Série stratolite de l'Alar et rhyolites associées (3,12-0,95 MA)

- fb Rhyolites d'Egeraleya
- fb Roches intermédiaires associées
- fb Basaltes stratolites moyens
- fb Brèches autoclastiques, hyaloclastites
- fb Basaltes stratolites inférieurs

FORMATIONS VOLCANIQUES D'ÂGE PLEISTOCÈNE INFÉRIEUR ET MOYEN

Série basaltique somalienne et rhyolites de Ribta (7,2-3,0 MA)

- fb Série basaltique somalienne (1 : coulées ; 2 : cônes et volcans associés)
- fb Série rhyolitique de Ribta

FORMATIONS VOLCANIQUES D'ÂGE MIOCÈNE SUPÉRIEUR

Série du Dalha et roches acides associées (8,23-4,6 MA)

- fb Trachytes et rhyolites du sommet du Dalha
- fb Série basaltique du Dalha (ensemble inférieur fb et ensemble supérieur fb , non différenciés dans le secteur d'Eali Sabih)

FORMATIONS VOLCANIQUES D'ÂGE MIOCÈNE INFÉRIEUR ET MOYEN

Série rhyolitique des Mablis (26,2-9,6 MA) et basaltes d'Adolei (26,7-22,0 MA)

- fb Série rhyolitique des Mablis (1 : coulées, tufs, pyroclastites ; 2 : dômes, dômes-coulées ; 3 : dykes)
- fb Basaltes fissurés anciens (1 : coulées ; 2 : dykes)
- fb Intrusions de basaltes anciens (silt)

MATÉRIAUX ET SUBSTANCES UTILES

- fb Scories, pouzolanes
- fb Tufs
- fb Perlite
- fb Ponce
- fb Ignimbrite

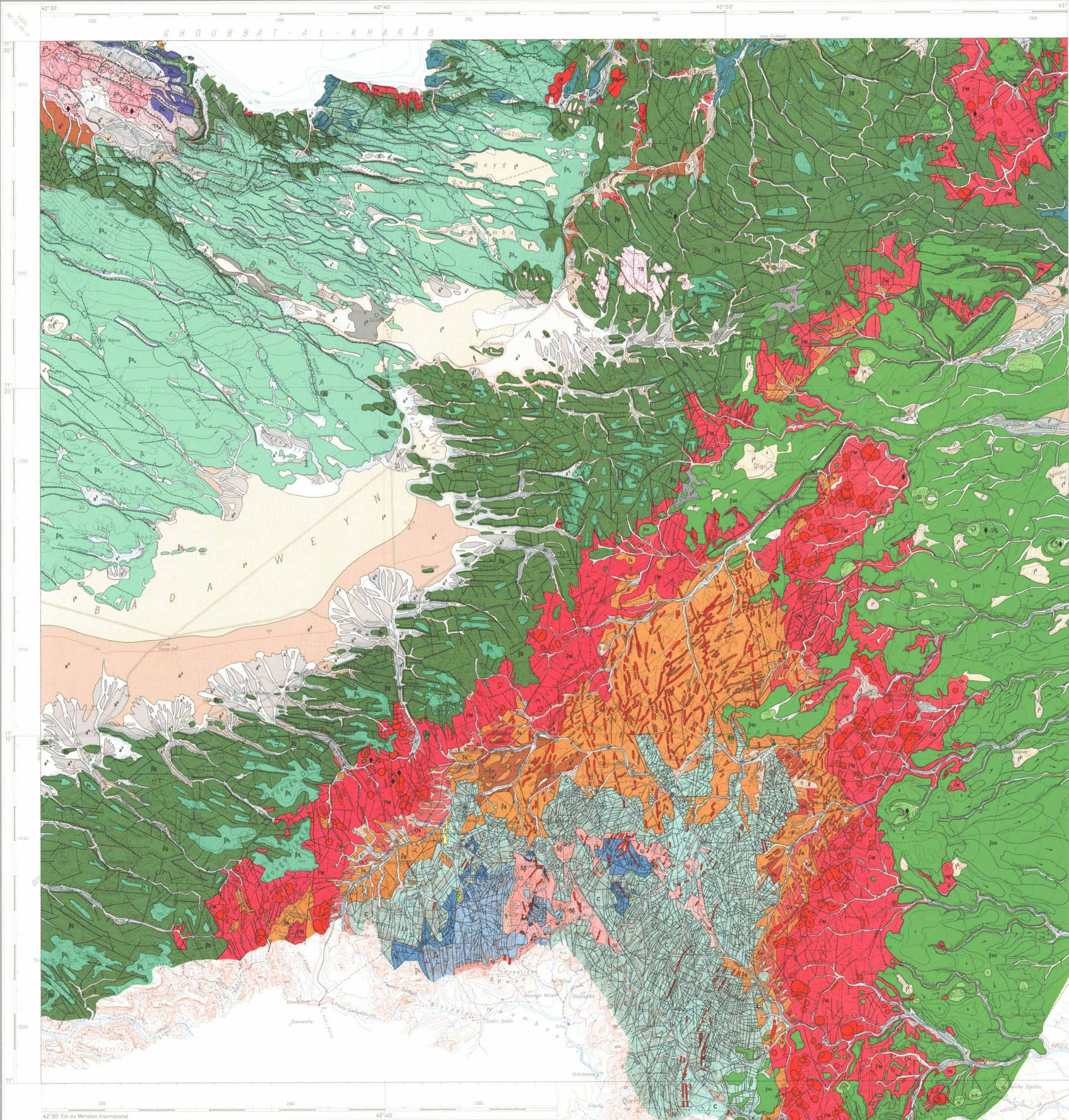
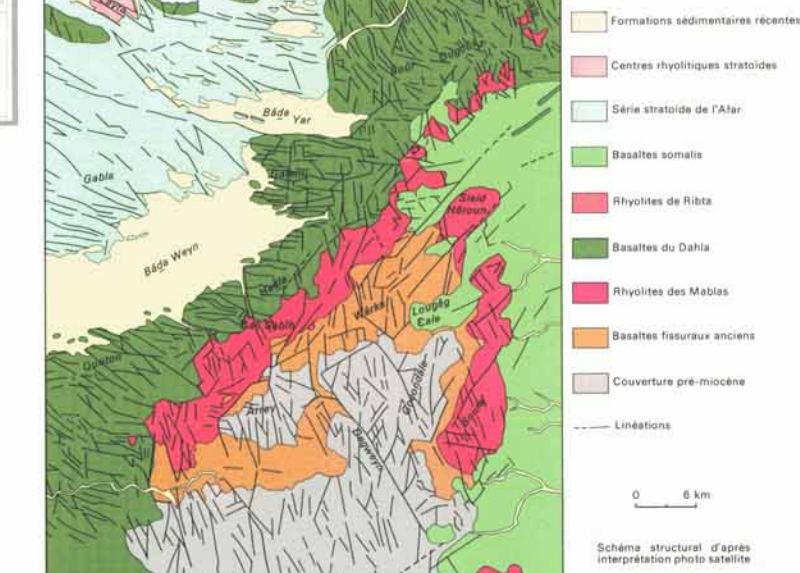
SYMBOLES

- Faible normale à rejet important (supérieur à 20 m)
- Faible normale à rejet faible ou moyen (inférieur à 20 m)
- Faible sans rejet vertical ou faille décrochante, masquée
- Fissure ouverte
- Cônes basaltiques avec ou sans cratère
- Dômes, dômes-coulées
- Dyke
- Sens des coulées
- Direction de pendage
- Source
- Puits
- Forage avec cote piézométrique
- Sols rouges (altération argileuse des basaltes)

BATHYMETRIE

- Courbe bathymétrique avec profondeur en mètres.

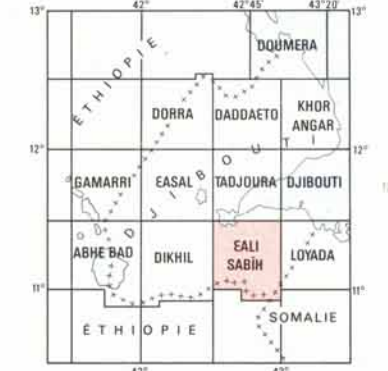
SCHEMA STRUCTURAL



ORSTOM
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
SERV. DE CARTOGRAPHIE - 93000 - ORSAY

Fond topographique de l'Institut Géographique National
à 1/100 000 (1982) - Feuille N° 38-194 - EALI SABÏH
Autorisation n° 84 T 3682

TABLEAU D'ASSEMBLAGE DES CARTES GÉOLOGIQUES



Levés de terrain et minutes effectués en 1983.
Les formations volcaniques ont été étudiées par : Alain-Gilles Mazet (I.S.E.R.S.T. DJIBOUTI).
Les formations sédimentaires ont été étudiées par : Françoise Recroix (I.S.E.R.S.T. DJIBOUTI).
Coordination : Franco Barberi (Université de Pérogrie - PISE), Françoise Gasse (École Normale Supérieure - 92260 FONTENAY-AUX-ROSES), Jacques Varet (B.R.G.M. - ORLÉANS).
Les données bathymétriques sont de l'I.G.N. (profondeurs de 0 à 50 m) et de la campagne océanographique de la Marine Nationale 1973-1975 (profondeurs de 50 à 200 m).

© I.S.E.R.S.T. - ORSTOM 1985

CARTES PUBLIÉES AVEC NOTICE

ÉCHELLE : 1/100 000

01831

Publiée avec le concours du
Ministère des Relations Extérieures (France)
Service de la Coopération et du Développement
Fonds d'Aide et de Coopération

Schéma structural d'après interprétation photo satellite