



HAL
open science

Le Volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc) : approche pétrologique et géodynamique

Philippe De Pachtere

► **To cite this version:**

Philippe De Pachtere. Le Volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc) : approche pétrologique et géodynamique. Tectonique. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1983. Français. NNT: . tel-00711623

HAL Id: tel-00711623

<https://theses.hal.science/tel-00711623>

Submitted on 25 Jun 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PACHTERE (Ph. DE)



Ex n° 1
+ 2 pl. h.t.

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE
DE GRENOBLE

23 JUIN 1983

pour obtenir le titre de

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
INSTITUT DE GÉOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.43

DOCTEUR DE 3^e CYCLE
de Géologie Appliquée

par

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
INSTITUT DE GÉOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.43

Philippe DE PACHTERE

Le volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc)

Approche pétrologique et géodynamique

Thèse soutenue le 14 Juin 1983 devant la commission d'examen:

Président	M. R. MICHEL	Professeur, Université de Grenoble
Invité	M. M. KNIDIRI	Doyen, Faculté des Sciences de Marrakech
	M. J. PERRIAUX	Professeur, Université de Grenoble
Examineurs	M. J.L. TANE	Maître Assistant, Université de Grenoble
	M. M. GIROD	Professeur, Université de Montpellier
	M. H. BERTRAND	Assistant, Université de Lyon

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE ET MÉDICALE
DE GRENOBLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE 3^e CYCLE
de Géologie Appliquée

par

Philippe DE PACHTERE

23 JUIN 1983

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.43

Le volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc) *♂*

Approche pétrologique et géodynamique

Thèse soutenue le 14 Juin 1983 devant la commission d'examen:

Président
Invité

M. R. MICHEL
M. M. KNIDIRI
M. J. PERRIAUX
M. J.L. TANE
M. M. GIROD
M. H. BERTRAND

Professeur, Université de Grenoble
Doyen, Faculté des Sciences de Marrakech
Professeur, Université de Grenoble
Maître Assistant, Université de Grenoble
Professeur, Université de Montpellier
Assistant, Université de Lyon

Examineurs

Grenoble

10087855

AVANT PROPOS

...150 pages suivent, mais c'est certainement celle-ci que vous rechercherez comme première avec cet ouvrage... Simple récompense sans doute, puisqu'il s'agit de la plus difficile à rédiger... celles des conclusions générales!!...

Le blocage de la feuille blanche dépassé, comme s'il s'agissait de la première à écrire, vous êtes nombreux à vous bousculer dans mon esprit afin d'entrer dans cette feuille; vous qui avez participé, qui scientifiquement, qui moralement, qui matériellement, à la réalisation de ce travail... A tel point que je me demande aujourd'hui, de quel droit je m'attribue cet ouvrage !!!...

Ces quelques scrupules vite dissipés, c'est tout d'abord à vous, membres de ce jury, que s'adressent mes remerciements.

Ce travail ayant été réalisé dans le cadre d'une convention de coopération entre l'Université de Grenoble et la Faculté des Sciences de Marrakech, c'est à Monsieur M. KNIDIRI, Doyen de la Faculté des Sciences de Marrakech, que reviendront mes premiers remerciements. Pour m'avoir accueilli dans sa faculté lors de mes missions au Maroc, pour avoir mis à ma disposition toutes les infrastructures de cette dernière, pour avoir bien voulu participer à ce jury, je tiens, à travers cette thèse, à lui exprimer ma plus profonde reconnaissance.

Mes remerciements s'adressent aussi à :

- Monsieur R. MICHEL, Professeur à l'Institut Dolomieu de Grenoble, pour la confiance qu'il m'a toujours accordée tout au long de mes études, pour ces précieuses critiques au cours de ce travail et enfin pour avoir accepté d'être Président de ce jury.

- Monsieur J. PERRIAUX, Professeur à l'Institut Dolomieu de Grenoble, pour sa participation en tant que responsable de la Coopération entre les Universités de Grenoble et de Marrakech.

- Monsieur J.L. TANE, Maître Assistant à l'Institut Dolomieu, Professeur détaché à la Faculté des Sciences de Marrakech, pour m'avoir proposé ce sujet, et pour la confiance qu'il m'a faite, quant à la réalisation de ce travail. Mais aussi pour tout ce temps consacré, pour débattre du volcanisme certes, mais aussi pour répondre aux besoins logistiques et administratifs que posent un tel travail. C'est à lui, mais aussi à toute sa famille, que j'adresse aujourd'hui un très amical remerciement.

- Monsieur M. GIRDD, Professeur à l'Université de Montpellier, pour m'avoir permis d'accéder à la microsonde et pour avoir accepté de participer à ce jury.

- Monsieur H. BERTRAND, Assistant à l'Université de Lyon, pour tout le temps qu'il m'a consacré mais aussi pour tous les moyens qu'il a mis en oeuvre afin que ce travail puisse se dérouler rapidement. Pour tous les conseils qu'il m'a donnés durant ce travail.

Mais c'est maintenant à vous que je pense, vous qui, à votre façon, avez contribué à la réalisation de ce travail.

Au Maroc, les techniciens, enseignants, chercheurs de la Faculté des Sciences de Marrakech, pour tous les services rendus.

Catherine et Noël Dias, Marie Jo Sanchez, Jean Pouget, qui ont énormément facilité mon second séjour à Marrakech. A Khadija pour ses bons petits plats... qu'ils reçoivent tous aujourd'hui, la marque de ma profonde amitié.

Michèle et Jean Ferrandini, pour m'avoir accompagné sur le terrain et accueilli autour de leur table... Merci beaucoup.

Claude Brunet, pour avoir mis sa voiture à ma disposition.

A Grenoble, les techniciens, enseignants et chercheurs de l'Institut Dolomieu, que je ne citerai pas de peur d'en oublier, pour leur disponibilité à répondre scientifiquement et/ou matériellement à toutes mes questions.

Je remercie aussi Madame Revol qui a assuré la frappe de ce mémoire.

.....Et puis,..... j'allais vous oublier!!!... Ô Vous, tous les chichounets et les ninounets (réservé aux initiés!) de la salle Moret, Colette, Thierry, Pierre..... Je profite de cette occasion pour évoquer une ambiance de travail que la mémoire date de merveilleux moments.

AVANT PROPOS

....150 pages suivent, mais c'est certainement celle-ci que vous rechercherez comme premier contact avec cet ouvrage....Simple récompense sans doute, puisqu'il s'agit de la plus difficile à rédiger après celles des conclusions générales!!....

Le blocage de la feuille blanche dépassé, comme s'il s'agissait de la première à écrire, vous êtes nombreux à vous bousculer dans mon esprit afin d'entrer dans cette feuille; vous qui avez participé, qui scientifiquement, qui moralement, qui matériellement, à la réalisation de ce travail A tel point que je me demande aujourd'hui, de quel droit je m'attribue cet ouvrage !!!...

Ces quelques scrupules vite dissipés, c'est tout d'abord à vous, membres de ce jury, que s'adressent mes remerciements.

Ce travail ayant été réalisé dans le cadre d'une convention de coopération entre l'Université de Grenoble et la Faculté des Sciences de Marrakech, c'est à Monsieur M. KNIDIRI, Doyen de la Faculté des Sciences de Marrakech, que reviendront mes premiers remerciements. Pour m'avoir accueilli dans sa faculté lors de mes missions au Maroc, pour avoir mis à ma disposition toutes les infrastructures de cette dernière, pour avoir bien voulu participer à ce jury, je tiens, à travers cette thèse, à lui exprimer ma plus profonde reconnaissance.

Mes remerciements s'adressent aussi à :

- Monsieur R. MICHEL, Professeur à l'Institut Dolomieu de Grenoble, pour la confiance qu'il m'a toujours accordée tout au long de mes études, pour ces précieuses critiques au cours de ce travail et enfin pour avoir accepté d'être Président de ce jury .

- Monsieur J. PERRIAUX, Professeur à l'Institut Dolomieu de Grenoble, pour sa participation en tant que responsable de la Coopération entre les Universités de Grenoble et de Marrakech.

- Monsieur J.L. TANE, Maître Assistant à l'Institut Dolomieu, Professeur détaché à la Faculté des Sciences de Marrakech, pour m'avoir proposé ce sujet, et pour la confiance qu'il m'a faite, quant à la réalisation de ce travail. Mais aussi pour tout ce temps consacré, pour débattre du volcanisme certes, mais aussi pour répondre aux besoins logistiques et administratifs que posent un tel travail. C'est à lui, mais aussi à toute sa famille, que j'adresse aujourd'hui un très amical remerciement.

- Monsieur M. GIRDD, Professeur à l'Université de Montpellier, pour m'avoir permis d'accéder à la microsonde et pour avoir accepté de participer à ce jury.

- Monsieur H. BERTRAND, Assistant à l'Université de Lyon, pour tout le temps qu'il m'a consacré mais aussi pour tous les moyens qu'il a mis en oeuvre afin que ce travail puisse se dérouler rapidement. Pour tous les conseils qu'il m'a donnés durant ce travail.

Maïs c'est maintenant à vous que je pense, vous qui, à votre façon, avez contribué à la réalisation de ce travail.

Au Maroc, les techniciens, enseignants, chercheurs de la Faculté des Sciences de Marrakech, pour tous les services rendus.

Catherine et Noël Dias, Marie Jo Sanchez, Jean Pouget, qui ont énormément facilité mon second séjour à Marrakech. A Khadija pour ses bons petits plats... qu'ils recoivent tous aujourd'hui, la marque de ma profonde amitié.

Michèle et Jean Ferrandini, pour m'avoir accompagné sur le terrain et accueilli autour de leur table...Merci beaucoup.

Claude Brunet, pour avoir mis sa voiture à ma disposition.

A Grenoble, les techniciens, enseignants et chercheurs de l'Institut Dolomieu, que je ne citerai pas de peur d'en oublier, pour leur disponibilité à répondre scientifiquement et/ou matériellement à toutes mes questions.

Je remercie aussi Madame Revol qui a assuré la frappe de ce mémoire.

.....Et puis,..... j'allais vous oublier!!!... Ô Vous, tous les chichounets et les ninounets (réservé aux initiés!) de la salle Moret, Colette, Thierry, Pierre..... Je profite de cette occasion pour évoquer une ambiance de travail que la mémoire date de merveilleux moments.

..... à ma mère.....

RESUME

L'étude de nombreuses coupes, complétée par une étude des caractères pétrologiques, minéralogiques et géochimiques a permis:

- de mettre en évidence un volcanisme permien d'affinité tholéiitique;
- de préciser les caractères géodynamiques du volcanisme fini-triasique;
- d'envisager leur évolution dans le cadre général de l'ouverture de l'Atlantique.

LE VOLCANISME PERMIEN

Situé à la base de la série permienne continentale, ce volcanisme affleure de manière très locale à Annrar (Vallée de l'Ourika) et à Aguerourgour (Amizmiz). Il correspond à un empilement de 2 à 5 coulées peu épaisses (5 à 10 m chacune). Ce volcanisme d'affinité tholéiitique (continental), est marqué localement par un caractère hyperpotassique que masque parfois une spilitisation (paragenèse albite chlorite - carbonates).

Si la spilitisation, n'affectant que le sommet de certaines coulées, semble correspondre à une transformation hydrothermale au moment de l'épanchement, le caractère hyperpotassique affectant l'ensemble de certaines coulées, pourrait avoir une origine précoce par contamination du socle sous-jacent (Précambrien et Paléozoïque).

LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE

Situé au sommet de la série gréseuse triasique, ce volcanisme affleure de manière continue sur tout le secteur considéré et s'intègre au sein d'un vaste trapp signant un épisode important, l'ouverture de l'Atlantique.

Des observations de terrain complétées par une étude minéralogique (composition des pyroxènes) et géochimique (traces) ont montré que ce volcanisme est caractérisé par quatre formations (100 à 200 m) (Formations Inférieure, Intermédiaire, Supérieure et Récurrente). Celles-ci renferment chacune plusieurs coulées (parfois prismées) et sont séparées par des horizons sédimentaires.

Une phase hydrothermale (siliceuse) est contemporaine de la mise en place de chaque épanchement où une zonalité de faciès (depuis des microdolérites porphyriques jusqu'à des dolérites intersertales microgrenues), a pu être mise en évidence.

Des centres d'émission (Col du Tizi Ouzla), s'alignent selon une direction N 110° et témoignent ainsi du rejeu d'anciens accidents tardi-hercyniens lors de la tectonique distensive triasique. A proximité des centres éruptifs, des formations transformées, correspondent à des lessivages à caractère deutérique de certains sommets de coulées préhnite-calcite-silice) et ainsi qu'au piégeage du fluide hydrothermal au sein d'épanchements se succédant très rapidement dans le temps.

La nature tholéiitique de ce volcanisme montre une évolution depuis des tholéiites continentales (Formation Inférieure), jusqu'à des tholéiites à caractère légèrement plus océanique (Formations Supérieure et Récurrente). Il proviendrait d'un processus normal de fusion partielle du manteau supérieur montrant une évolution en relation avec l'ouverture océanique.

Le volcanisme permien et fini-triasique du Haut-Atlas occidental, présente un modèle géodynamique cohérent avec ceux évoqués actuellement dans le cas d'une zone de rift.

- Le volcanisme permien serait le témoin d'un stade de pré-rifting;
- Le volcanisme fini-triasique serait contemporain du rifting.

MOTS CLES

Volcanisme, dolérite, coulée, centre d'émission, spilitisation, fluide hydrothermal, calcite, silice, préhnite, tholéiite, rifting, Permien, Trias, Haut-Atlas, Maroc.

ABSTRACT

Detailed field work along more than twenty cross sections in the Permian and the Triassic of the High-Atlas, completed by petrological, mineralogical, and geochemical investigations allows us :

- to show the existence of a Permian volcanism with a tholeiitic trend ;
- to add to the knowledge of the geodynamism of Late Triassic volcanism ;
- to attempt to fit their evolution in the frame of the rifting of the Atlantic

PERMIAN VOLCANISM

Situated at the base of the Permian continental series, it occurs only at Annrar (Ourika Valley) and at Aguer gour (Amizmiz). It consists of a superposition of 2 to 5 thin flows (5 to 10 m each). This volcanism with a tholeiitic trend shows locally an hyperpotassic character, sometimes obscured by spilitisation (Paragenesis : albite-chlorite-carbonate).

This spilitisation affects only the upperparts of some flows and seems to be due to an hydrothermal transformation during the cooling period. The hyperpotassic character that affects all parts of certain flows may have happened early from contamination of the bedrock before extrusion (Precambrien and Paleozoic).

LATE TRIASSIC VOLCANISM

This volcanism outcrops everywhere in the studied area, at the top of the Triassic sandstone series. It is part of an trapp outpouring which marks an important episode in the opening of the Atlantic.

Field observations completed by mineralogical (pyroxène composition) and geochemical (trace elements) studies allow this volcanism to be subdivided into four formations (100 to 200 m thick), viz.: Inferior, Intermediate, Superior, and Recurrent. Each formation comprises several flows (sometimes showing prismatic jointing) separated by sedimentary levels.

An hydrothermal silicious phase is coeval of each extrusion. Each flow undergoes evolution from a porphyric microdoleritic facies (base) into an intersertal microgranular facies (top).

Centers of emission of the "Col du Tizi Ouzla" are located along a N110° trend. This shows the reactivation of late Hercynian accidents by the Triassic distensive tectonics. Near the centers of emission, transformed formations correspond to a deuteric leaching of the upper parts of some flows (prehnite-calcite-silica), and to the confinement of hydrothermal fluid by a series of flows following each other in quick succession.

The volcanism passes from continental tholeiites (Inferior Formation), into tholeiites highly more oceanic in character (Superior, Recurrent Formations). It might result from a normal partial fusion of the upper mantle, the later exhibiting a composition change linked to the opening-up of the Atlantic.

The geodynamic pattern of Permian and Late Triassic volcanisms in the High Atlas agrees with the pattern now proposed for a rift zone.

- The Permian volcanism seems to be a witness of a prerifling stage ;
- The Late Triassic volcanism seems to be contemporaneous of the rifting.

KEY WORDS

Volcanism, dolérite, lava flow, center of emission, spilitisation, hydrothermal fluid, calcite, silica, prehnite, tholeiite, rifting, Permian, Triassic, High-Atlas, Morocco.

CHAPITRE I - INTRODUCTION	7
I-1 LE DOMAINE ATLASIQUE DANS LE CADRE DU MAROC.....	9
I-2 CADRE GEOGRAPHIQUE.....	9
I-3 CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL.....	9
I-4 TRAVAUX ANTERIEURS.....	11
I-5 CARTES TOPOGRAPHIQUES ET GEOLOGIQUES.....	12
I-6 DEFINITION DU TRAVAIL.....	12
CHAPITRE II - LE VOLCANISME PERMIEN DANS LE HAUT-ATLAS DE MARRAKECH.....	13
II-1 LE VOLCANISME PERMIEN AU MAROC.....	15
II-2 REPARTITION GEOGRAPHIQUE.....	15
II-3 CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL.....	15
1° PARTIE: DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES.....	17
II-4 LE VOLCANISME PERMIEN SPILITIQUE DE LA VALLEE DE L'OURIKA.....	19
II-4-1 Description des différentes coupes.....	19
II-4-1-a- Coupe d'Annrar I.....	19
II-4-1-b- Coupe d'Annrar II.....	21
II-4-1-c- Coupe d'Annrar III.....	21
II-4-2 Pétrologie du volcanisme permien d'Annrar	21
II-4-2-a- Pétrologie du faciès de base.....	23
II-4-2-b- Pétrologie des faciès intermédiaires.....	24
II-4-2-c- Pétrologie des faciès de sommet de coulée.....	24
II-5 LE VOLCANISME PERMIEN D'AGUER GOUR.....	26
II-5-1 Description de la série volcanique.....	26
II-5-2 Pétrologie du volcanisme d'Aguer gour.....	27
II-5-2-a- Description du faciès de base.....	27
II-5-2-b- Les coulées supérieures.....	29
2° PARTIE: GEOCHIMIE.....	33
II-6 GEOCHIMIE DU VOLCANISME PERMIEN.....	35
II-6-1 Caractères généraux.....	35
II-6-2 Variation des éléments majeurs.....	35
II-6-3 Variation des éléments en traces.....	38
II-6-3-a- Le baryum.....	38
II-6-3-b- Le niobium.....	38
II-6-3-c- Le zirconium.....	38
II-6-3-d- L'yttrium.....	38
II-6-3-e- Le rubidium.....	38
II-6-4 Nature du volcanisme permien dans le Haut-Atlas.....	39
II-6-4-a- Diagramme alcalins / silice.....	39
II-6-4-b- Diagramme A.F.M.	39
II-6-4-c- Diagramme P2O5 / Zr.....	39
II-6-4-d- Diagramme TiO2 / Zr.....	39
II-6-4-e- Diagramme TiO2 / Zr/P.....	39
II-6-4-f- Diagramme Nb/Y / Zr/P.....	41
II-6-4-g- Diagramme TiO2/K2O/P2O5.....	41
II-6-4-h- Diagramme Ti/100 / Zr / Yx3.....	41
3° PARTIE: LES PHENOMENES DE SPILITISATION.....	43
II-7 LES PHENOMENES DE SPILITISATION	45
II-7-1 Le volcanisme spilitisé de l'Atlas dans le contexte gé- ral du volcanisme spilitisé.....	45
II-7-2 Processus de spilitisation.....	46
II-7-2-a- Observations.....	46
II-7-2-b- Interprétation.....	48
4° PARTIE: CONCLUSIONS.....	51
II-8 CONCLUSIONS SUR LE VOLCANISME PERMIEN.....	51

01 SEP. 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX 3
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

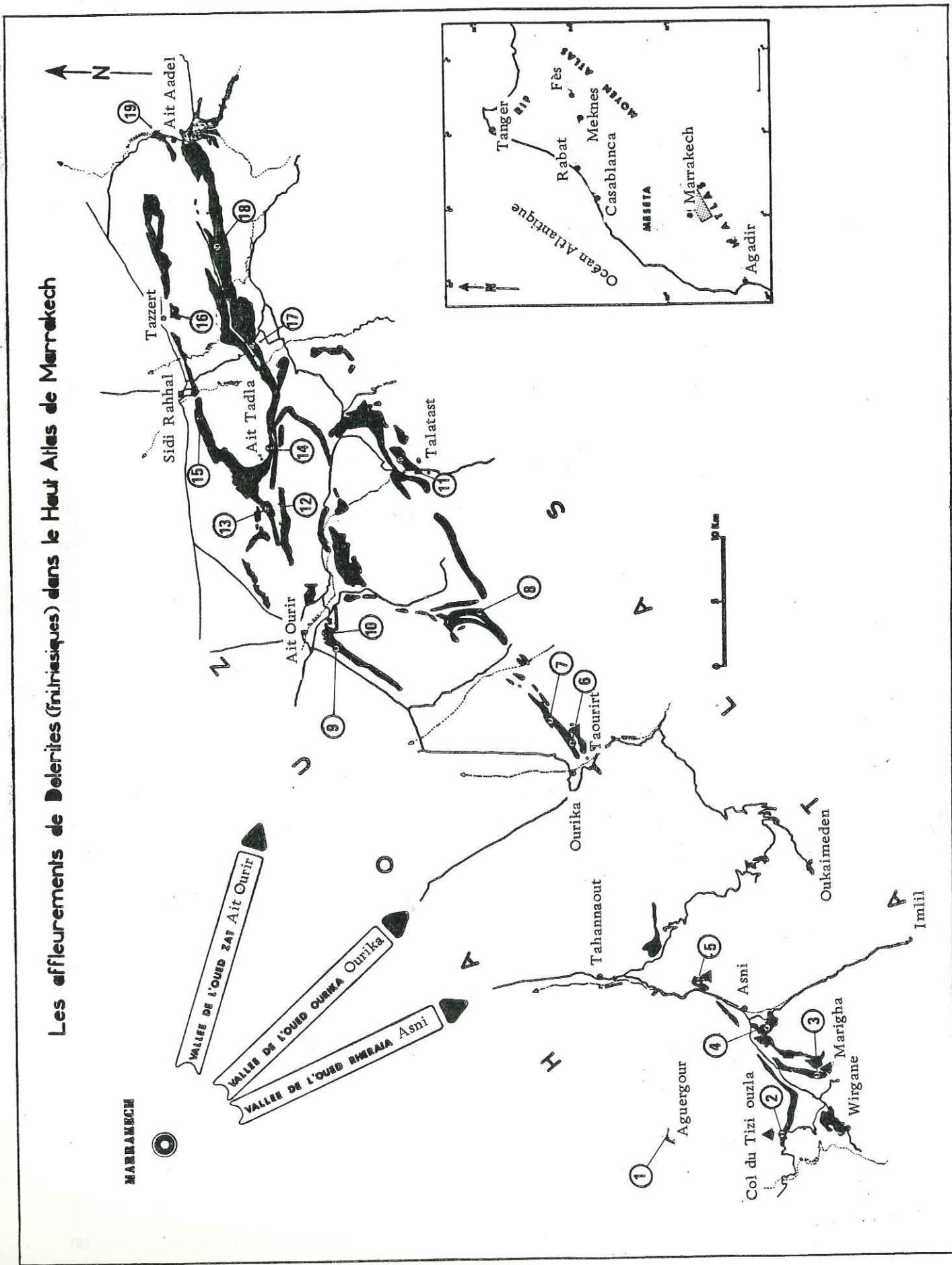
CHAPITRE III - LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE DANS LE HAUT-ATLAS DE MARRAKECH

	Pages
III-1 LOCALISATION DES DIFFERENTES COUPES.....	57
III-2 ETUDE DES DIFFERENTES FORMATIONS: ESSAI DE CORRELATION.....	57
III-3 MISE EN PLACE DES VOLCANITES.....	60
III-3-1 Observations de terrain.....	60
III-3-2 Conclusions.....	61
1° PARTIE: DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES.....	63
III-4 DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES.....	67
III-4-1 La coupe d'Aguergour.....	67
III-4-2 La coupe du Col du Tizi Ouzla.....	69
III-4-3 La coupe de Marigha.....	69
III-4-3-a- Description de la coupe.....	69
III-4-3-b- Les bois fossiles.....	71
III-4-4 La coupe de Taourirt.....	72
III-4-5 La coupe d'Ait Ourir.....	74
III-4-5-a- Description de la coupe.....	74
III-4-5-b- Les pillow-lavas.....	77
III-4-5-c- Description d'une coulée de la Formation Inférieure.....	77
III-4-6 La coupe d'Ait Tadla.....	80
III-4-6-a- Description de la coupe.....	80
III-4-6-b- Description du sommet de la coupe: mise en évidence d'une phase tectonique durant la mise en place.....	82
III-4-7 La coupe de Sidi Rahhal.....	83
III-4-8 La coupe de Tazzert.....	84
III-4-9 La coupe d'Ait Aadel.....	84
2° PARTIE: LES CENTRES D'EMISSION.....	89
III-5 LES CENTRES D'EMISSION.....	91
III-5-1 Introduction.....	91
III-5-2 Description des centres d'émission du Col du Tizi Ouzla.....	93
III-5-2-a- Point d'émission Tizi Ouzla I.....	93
III-5-2-b- Points d'émission du Tizi Ouzla II et III.....	94
III-5-2-c- Point d'émission du Tizi Ouzla IV.....	94
III-5-3 Le centre d'émission de Marigha.....	95
III-5-4 Le centre d'émission d'Asni, Jbel Khelout.....	95
3° PARTIE: LES FORMATIONS TRANSFORMEES.....	99
III-6 LES FORMATIONS TRANSFORMEES.....	101
III-6-1 Introduction, localisation.....	101
III-6-2 Description des différentes coupes.....	101
III-6-2-a- Coupe d'Asni-Wirgane.....	101
III-6-2-b- Coupe de Wirgane.....	103
III-6-2-c- Coupe de Talatast.....	105
III-6-3 Pétrographie et minéralogie.....	106
III-6-3-a- Coulée d'Asni-Wirgane.....	106
III-6-3-b- Coulée de Talatast.....	107
III-6-3-c- Conclusions.....	109
III-6-4 Etude géochimique.....	109
III-6-4-a- Les majeurs.....	111
III-6-4-b- Les éléments en traces.....	111
III-6-4-c- Conclusions.....	111
III-6-5 Essai d'interprétation génétique.....	112
III-6-5-a- Présence de préhnite et phénomène hydrothermal.....	111
III-6-5-b- Les indices de différenciation du liquide magmatique.....	113
III-6-5-c- Essai d'interprétation génétique.....	113
III-7 Conclusions sur l'étude des différentes coupes.....	117
III-7-1 les phénomènes de mise en place.....	118
III-7-2 Les processus pétrogénétiques.....	118
III-7-3 Paléogéographie au moment de la mise en place.....	118

CHAPITRE IV - PETROGRAPHIE - MINERALOGIE - GEOCHIMIE DU VOLCANISME FINI-TRIASIQUE

	Pages
I° PARTIE: PETROGRAPHIE.....	123
IV-1 INTRODUCTION.....	125
IV-2 LES DIFFERENTS FACIES.....	127
IV-2-1 Microdolérites porhyriques.....	127
IV-2-1-a- Caractères macroscopiques.....	127
IV-2-1-b- Caractères microscopiques.....	127
IV-2-2 Dolérites à gerbes cristallitiques.....	127
IV-2-2-a- Caractères macroscopiques.....	129
IV-2-2-b- Caractères microscopiques.....	129
IV-2-3 Dolérites à phase cristallitique.....	129
IV-2-3-a- Caractères macroscopiques.....	129
IV-2-3-b- Caractères microscopiques.....	129
IV-2-4 Dolérites à structure intersertale.....	131
IV-2-4-a- Caractères macroscopiques.....	131
IV-2-4-b- Caractères microscopiques.....	131
IV-2-5 Dolérites vacuolaires.....	131
IV-2-5-a- Caractères macroscopiques.....	131
IV-2-5-b- Caractères microscopiques.....	131
IV-3 CONCLUSION.....	132
2° PARTIE: MINERALOGIE.....	133
IV-4 INTRODUCTION.....	135
IV-5 ETUDE DES DIFFERENTS MINERAUX.....	135
IV-5-1 Les olivines.....	135
IV-5-2 Les plagioclases.....	137
IV-5-2-a- Etude optique.....	137
IV-5-2-b- Etude géochimique.....	137
IV-5-3 Les pyroxènes.....	139
IV-5-3-a- Etude optique.....	139
IV-5-3-b- Etude géochimique.....	139
IV-5-4 Les minéraux opaques.....	144
IV-5-5 Les vacuoles.....	145
IV-5-6 Etude de la phase cristallitique autour des vacuoles.....	147
IV-5-6 Les autres minéraux.....	152
IV-5-6-a- L'aérinte.....	152
IV-5-6-b- La montmorillonite.....	153
IV-5-6-c- La préhnite.....	153
IV-5-6-d- La pumpéllite.....	153
3° PARTIE: GEOCHIMIE.....	155
IV-6 GEOCHIMIE.....	157
IV-6-1 Caractères généraux.....	157
IV-6-2 Variations des éléments majeurs.....	157
IV-6-3 Conclusions.....	163
IV-6-4 Variations des éléments en traces.....	165
IV-6-5 Conclusions.....	169
IV-6-6 Les différentes formations.....	169
CHAPITRE V - CONCLUSIONS.....	171
V-1 LE VOLCANISME PERMIEN.....	173
V-1-1 Contexte de mise en place.....	173
V-1-2 Les phénomènes magmatiques.....	173
V-1-3 Pétrographie.....	173
V-1-4 Géochimie.....	173
V-2 LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE.....	174
V-2-1 Contexte de mise en place.....	174
V-2-2 Les phénomènes magmatiques.....	174
V-2-3 Pétrographie.....	175
V-2-4 Minéralogie.....	175
V-2-5 Géochimie.....	175
V-3 COMPARAISONS ENTRE LE VOLCANISME PERMIEN ET LE VOLCANISME FINI- TRIASIQUE.....	177
ANNEXES.....	181
BIBLIOGRAPHIE.....	191
TABLEAUX.....	194

Les affleurements de Dolérites (trinitiques) dans le Haut Atlas de Marrakech



CHAPITRE I

INTRODUCTION

CHAPITRE I - INTRODUCTION

I-1 LE DOMAINE ATLASIQUE DANS LE CADRE DU MAROC.....	9
I-2 CADRE GEOGRAPHIQUE.....	9
I-3 CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL.....	9
I-4 TRAVAUX ANTERIEURS.....	11
I-5 CARTES TOPOGRAPHIQUES ET GEOLOGIQUES.....	12
I-6 DEFINITION DU TRAVAIL.....	12

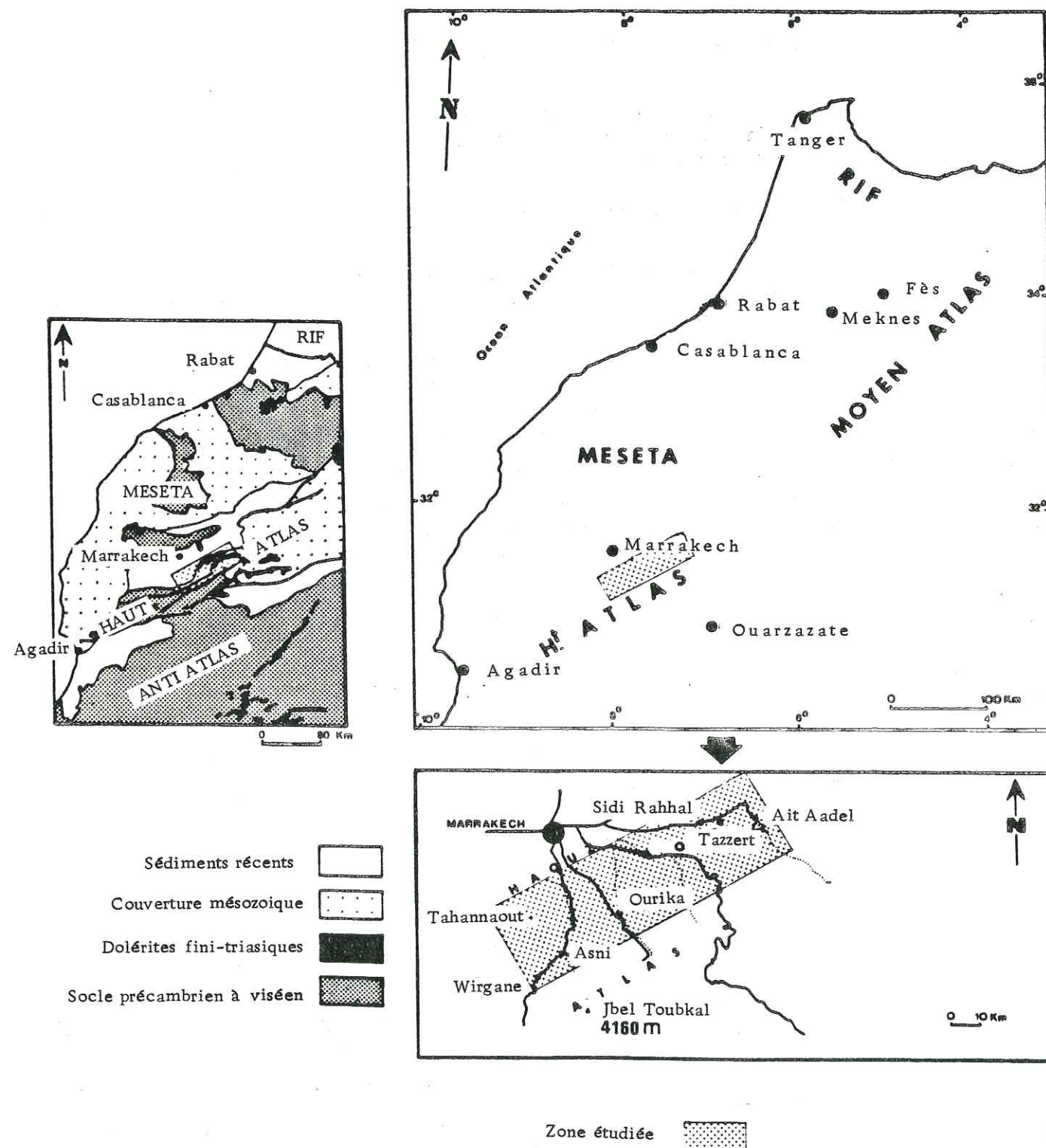


FIG 1 - Localisation du secteur étudié

CHAPITRE I - INTRODUCTION

I.1- LE DOMAINE ATLASIQUE DANS LA CADRE DU MAROC

Plusieurs cycles orogéniques (précambrien, hercynien, alpin) jalonnent l'histoire géologique du Maroc et ont guidé, l'individualisation de différents domaines structuraux (fig 1)

Du Sud au Nord, afin de respecter l'ordre orogénique, s'observent quatre domaines.

- le domaine de l'Anti-Atlas dont les structures définies par l'orogénèse précambrienne le rapprochent structurellement du craton W.africain;
- le domaine de l'Atlas s'individualise surtout au cours de l'orogénèse hercynienne, mais les structures actuellement les mieux marquées sont la signature de l'orogénèse alpine;
- le domaine de la Meseta marocaine, essentiellement défini par le cycle hercynien, n'est que peu affecté par le cycle alpin;
- le domaine du Rif, au Nord, affecté par des plissements multiples (accompagnés d'un métamorphisme) dont la phase paroxysmale se situe au Tertiaire, est un domaine typiquement alpin.

I.2- CADRE GEOGRAPHIQUE

La région étudiée se situe au Sud et à l'Est de Marrakech sur la bordure nord du Haut Atlas (Planche 1) (fig 1). Elle s'étend sur environ 100 km depuis l'Oued N'Fis à l'Ouest (Aguergour) jusqu'à l'Oued Tessaout à l'Est (Aït-Aadel). Limitée au Sud par la zone axiale de la chaîne (Toubkal 4 160 m) et la zone des Hauts Plateaux (Timenkar-Yagour), au Nord par la plaine du Haouz, cette région appartient à la sous-zone subatlasique septentrionale (ROCH, 1939).

I.3- CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL

Le volcanisme alcalin permien ainsi que le volcanisme tholéiitique fini-triasique se situent respectivement à la base de la série permienne (VAN HOUTEN, 1977; BIRON, 1982) et au sommet de la série triasique (BERTRAND et al., 1977; COUSMINER et al., 1976).

Leurs âges respectifs 260 M a et 190 M a présentent un schéma cohérent vis à vis de l'ouverture de l'Atlantique.

Situé à la base de la série permienne à tendance conglomératique, le volcanisme constitue, dans ce secteur, la première manifestation magmatique post-hercynienne.

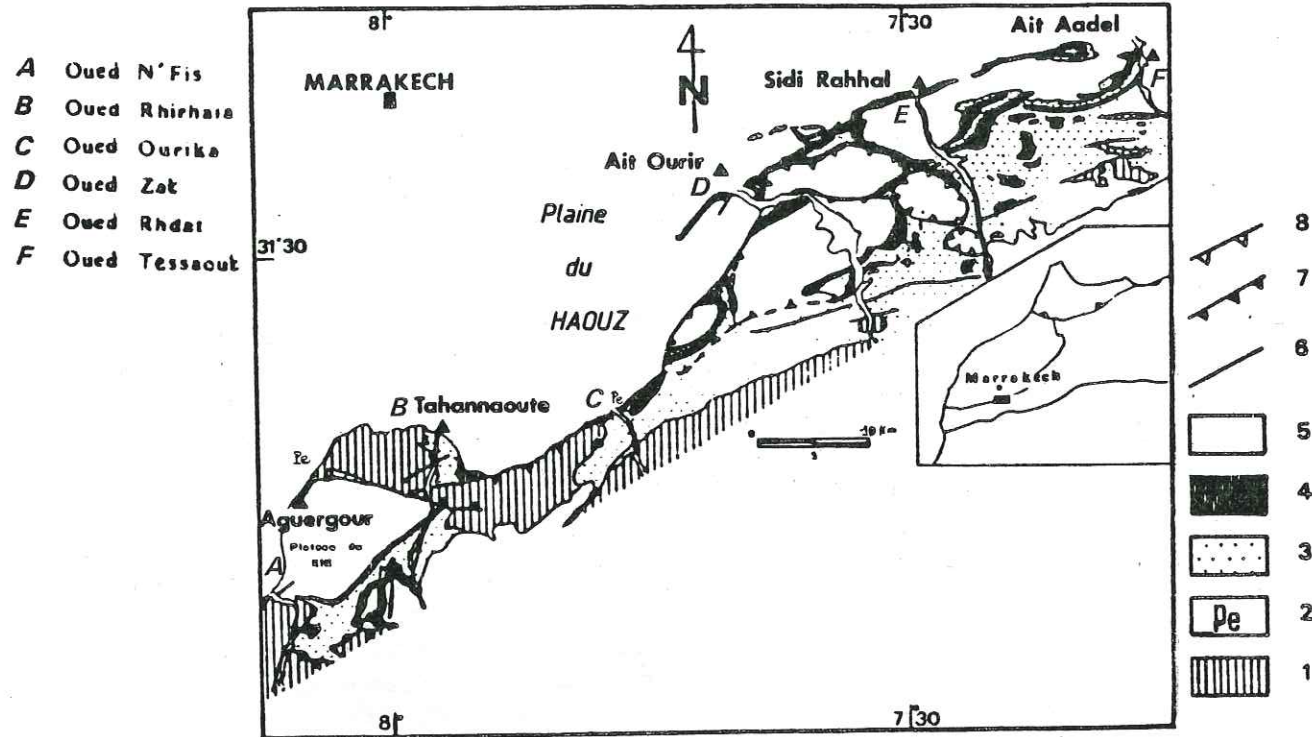


FIG 2 - Localisation du volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut Atlas de Marrakech.
 1: Paléozoïque et Précambrien, 2: Volcanisme permien, 3: Permien et Trias, 4: Volcanisme fini-triasique, 5: Terrains post-triasiques, 6: Faille, 7: Faille inverse ou chevauchement, 8: Contact de base des unités décollées.

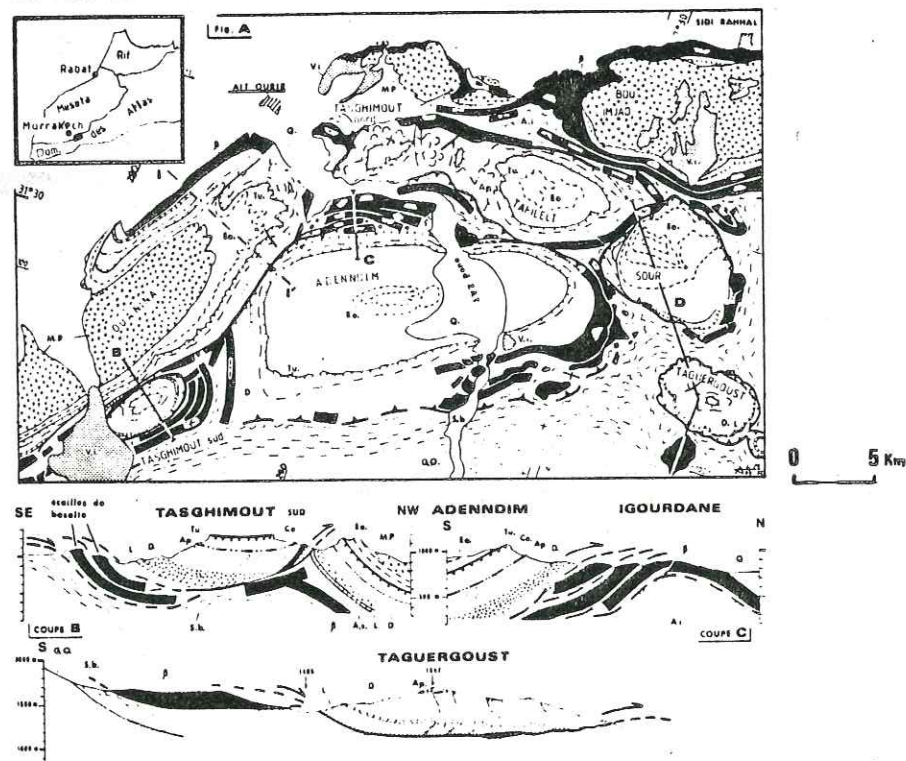


FIG 3 - Carte géologique simplifiée et coupes de la cuvette des Ait Ourir d'après Ferrandini et Le Marrec (1982)

Q., Quaternaire; V.i., Villafranchien inférieur; M. P., Mio-Pliocène; Eo., corniches du Paléocène; Tu., corniche du Turonien; Ap., corniche de l'Apto-Albien; D., Dogger, Bajocien et Bathonien; L., Lias, Pliensbachien; A. s., Argiles « supérieures » brunes infra-liasiques; B., basaltes; A. i., Argiles « inférieures » roses; S. b., siltstones briques du Trias; G. O., Grès triasiques de l'Oukaimeden, II', ligne isopique du Lias de Ouanina, évaporites au Nord.

Situé au sommet de la série silto-gréseuse triasique et surmonté par la série liasique à tendance carbonatée, le volcanisme tholéiitique constitue un horizon repère actuellement interprété comme la limite Trias-Lias (annexe n° 1)

La structure actuelle de la chaîne du Haut-Atlas est conditionnée par la mobilisation de failles de socle préexistantes, dues à la tectonique cassante tardi-hercynienne. Les directions majeures de fracturation sont N 30°-N 70°-N 120° (PROUST, 1973; PETIT et al., 1980; LAVILLE, 1981) (fig. 2-3).

Durant la distension, le jeu normal et/ou décrochant de ces accidents, a défini la géométrie des bassins (BIRON, 1982) et a guidé la mise en place du volcanisme. Le rejeu de certains accidents en failles inverses lors de la compression atlasique (PROUST, 1962) a provoqué le plissement et le décollement de la couverture méso-cénozoïque (FERRANDINI et al., 1982) dans la sous-zone subatlasique.

Un style tectonique explique la complexité de certains affleurements du volcanisme fini-triasique en particulier dans la région d'Ait Ourir (fig. 3).

I.4- TRAVAUX ANTERIEURS

Le volcanisme attribué au Permien par VAN HOUTEN (1977) n'a jamais été véritablement étudié dans l'Atlas de Marrakech, bien qu'observé et décrit par certains auteurs (MATTIS, 1975; VOGUEL, 1980; BIRON, 1982).

Ce volcanisme a fait l'objet d'études récentes dans le Maroc Central (LE GUERN et al., 1982; EL WARTITI, 1982) et dans le Maroc oriental (HERVOUET, 1982).

Les premiers travaux sur le volcanisme fini-triasique, qualifié alors de volcanisme "permo-triasique", sont dus à MORET (1931) et TERMIER (1948). Des travaux récents, axés essentiellement sur la géochimie et le paléomagnétisme ont permis de préciser sa position par rapport à l'ouverture de l'Atlantique. (BERTRAND et al., 1975-1977; COGNEY et al., 1975; WESTPHAL, 1979).

Le volcanisme fini-triasique a fait l'objet de quelques études précises dans tout le Maroc, en particulier ROBILLARD (1979) dans le Moyen-Atlas et COGNEY et al. (1975) dans le Maroc central.

Certains auteurs ont abordé son étude, soit à des fins géotechniques, comme VERDIER (1971) en traitant des phénomènes d'altération des basaltes aux abords du barrage des Ait Aadel (fig. 2); soit à des fins métallogéniques par l'étude de la transformation de certaines coulées (spilitisation) (MOUSSU, 1956).

I.5- CARTES TOPOGRAPHIQUES ET GEOLOGIQUES

Une couverture topographique au 1/100 000 et au 1/50 000 publiée par la Division de la Carte à Rabat (Ministère des Mines) existe pour toute la zone étudiée.

La première carte géologique où se trouvent cartographiés les basaltes fini-triasiques est la carte établie en 1931 par MORET: "Carte au 1/200 000 de la région de Marrakech".

Sur la couverture géologique au 1/500 000 du Maroc, les parties occidentale et orientale du secteur étudié se trouvent respectivement sur les deux cartes suivantes:

- Marrakech 1/500 000 (1957).
- Ouarzazate 1/500 000 (1959).

Toutes les deux publiées par le Service de la Carte Géologique (Ministère des Mines) à Rabat.

Une cartographie au 1/100 000 de la bordure N. du Haut-Atlas de Marrakech a été réalisée par PROUST (1973) pour les environs de la vallée du N'Fis (Pl. 1) ; par VOGUEL (1980) sur la feuille Oukaïmeden Toubkal (Pl. 1) et par LE MARREC (1979) sur la feuille de Demnate (Pl. 1).

I-6- BUTS DU TRAVAIL.

Ce mémoire a deux buts:

- Une étude détaillée du volcanisme permien et fini-triasique du Haut-Atlas de Marrakech, du point de vue pétrologique, minéralogique, et géochimique, afin d'aboutir à des corrélations stratigraphiques, permettant de préciser la paléogéographie des éruptions.
- D'envisager l'évolution du volcanisme permien et fini-triasique dans le cadre plus général de l'ouverture de l'Atlantique.

CHAPITRE II

LE VOLCANISME PERMIEN DANS LE HAUT ATLAS DE MARRAKECH

CHAPITRE II - LE VOLCANISME PERMIEN DANS LE HAUT-ATLAS DE MARRAKECH.....	13
II-1 LE VOLCANISME PERMIEN AU MAROC.....	15
II-2 REPARTITION GEOGRAPHIQUE.....	15
II-3 CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL.....	15

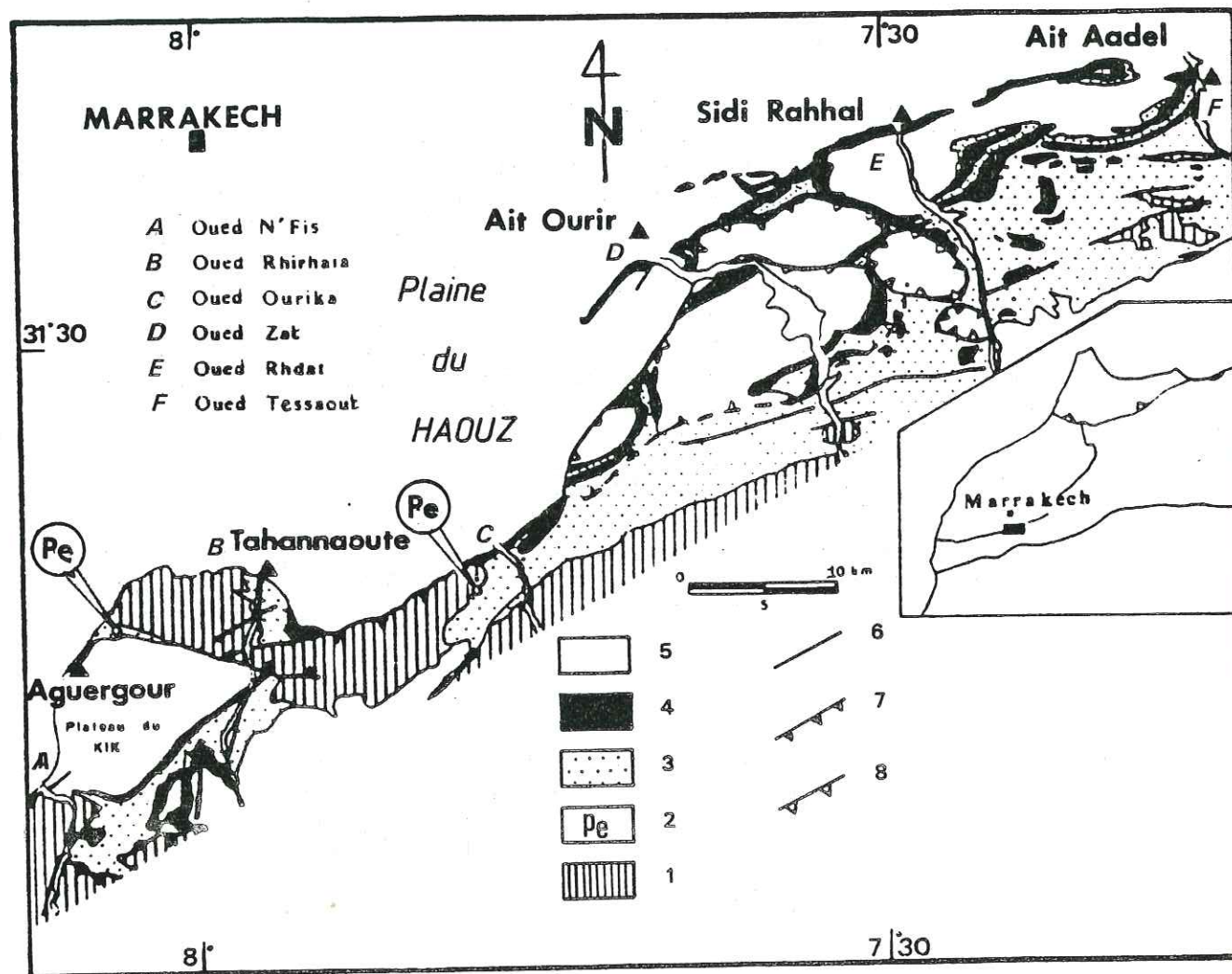


FIG 4 - Localisation du volcanisme permien dans le Haut-Atlas de Marrakech.
 1: Paléozoïque et Précambrien, 2: Volcanisme permien, 3: Permien et Trias, 4: Volcanisme fini-triasique, 5: Terrains post-triasiques, 6: Faille, 7: Faille inverse ou chevauchement, 8: Contact de base des unités décollées.

CHAPITRE II - VOLCANISME PERMIEN

II.1- LE VOLCANISME PERMIEN AU MAROC

Le volcanisme permien reste très localisé et n'a été étudié que très récemment. Il a parfois été totalement ignoré, car attribué à des formations plus récentes (CAILLEUX, 1982).

De façon générale, le volcanisme permien est représenté par des épanchements de type andésite, rhyolite et dacite. Son dynamisme est caractérisé par la présence de dômes dans le Massif Central marocain (LE GUERN et al., 1982), de tufs dans le Maroc oriental (HERVOUET, 1982), de pyroclastites et d'ignimbrites au Maroc Central (EL WARTITI, 1982).

Le volcanisme permien du Haut-Atlas de Marrakech s'écarte de l'ensemble du volcanisme permien marocain par la structure doléritique de ses laves. D'autre part, l'étude géochimique montre que par son affinité tholéiitique il se rattacherait davantage au volcanisme fini-triasique et pourrait être avec ce dernier interprété dans le cadre plus général de l'ouverture de l'Atlantique.

II.2- REPARTITION GEOGRAPHIQUE (fig.4)

Le volcanisme permien du Haut-Atlas de Marrakech affleure très ponctuellement. Il se localise en plusieurs sites de faible extension dans la Vallée de l'Ourika (fig. 4) d'une part, et au nord-ouest du plateau du Kik d'autre part (fig. 4), vers le village d'Aguergour.

II.3- CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL

Le Permien caractérise une période de distension qui se poursuivra jusqu'au Jurassique moyen. Cette distension se manifeste par l'ouverture de grabens contrôlée par le rejeu d'accidents hercyniens (BIRON 1982, LAVILLE et PETIT 1982) (fig. 5-6).

Ces accidents évolueront, lors de la compression atlasique, en failles inverses (PROUST 1962).

Le volcanisme permien (coulées aériennes) se situe à la base d'une série détritico-conglomératique grossière qui peut atteindre jusqu'à 300 m de puissance dans la vallée de l'Ourika. Il marque les premiers symptômes du phénomène distensif.

Dans les deux secteurs étudiés, la vallée de l'Ourika et Aguer gour, les conditions d'affleurement sont identiques et montrent que le volcanisme repose ou bien directement en discordance sur le Viséen plissé, ou bien se trouve séparé de ce dernier par un niveau conglomératique peu épais (1 à 5 m).

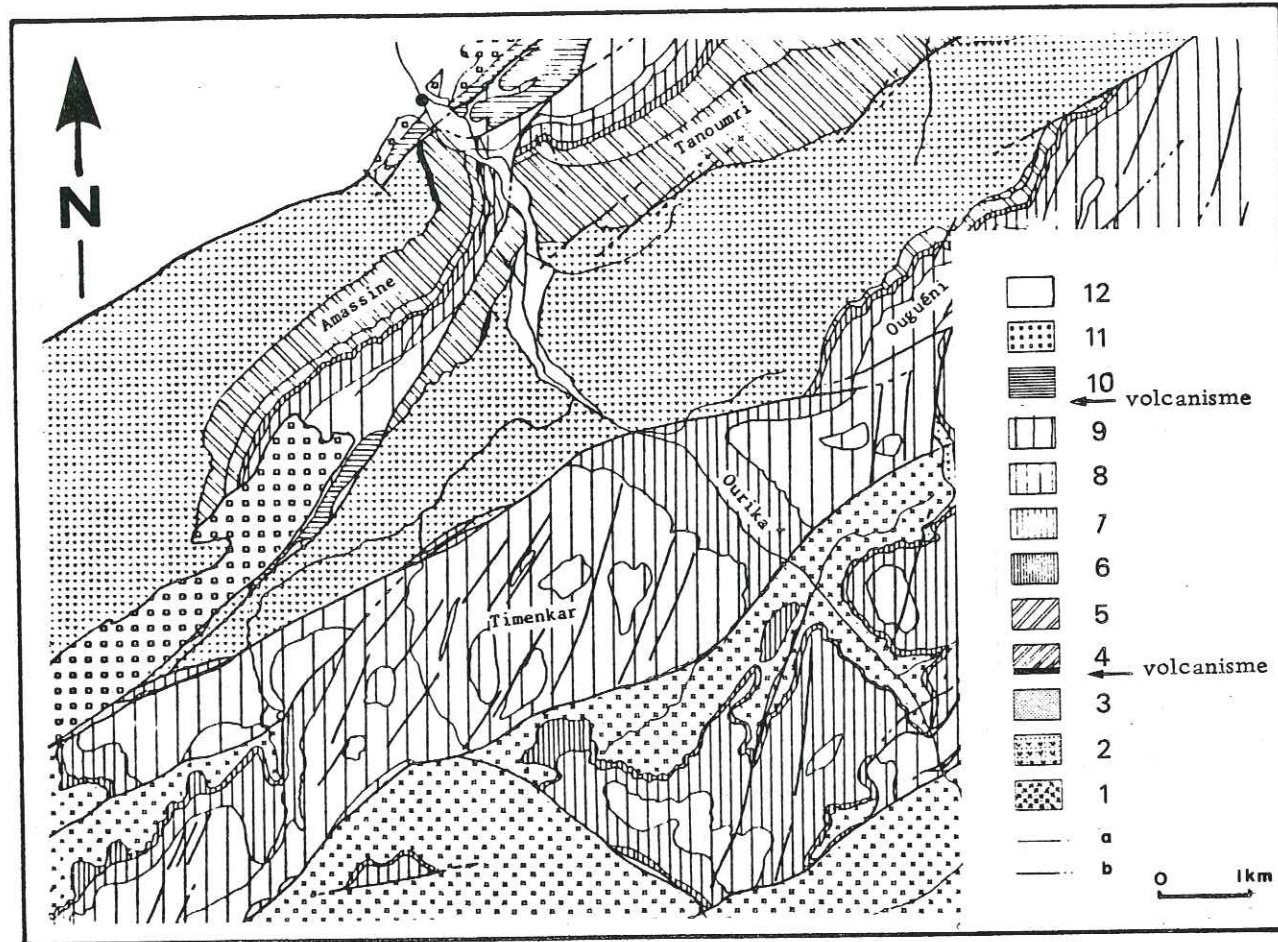


FIG 5 - Localisation du volcanisme permien dans la Vallée de l'Ourika (d'après Biron 1982).
 1: Paléozoïque et Précambrien, 2: Viséen, 3: Stéphanien, 4: Formation 1 et volcanisme permien, 5: Formation 2, 6: Formation 3, 7: Formation 4, 8: Formation 5, 9: Formation 6, 10: Série volcanique fini-triasique, 11: Jurassique à Crétacé, 12: Tertiaire et Quaternaire, a: Contact stratigraphique, b: Contact tectonique.

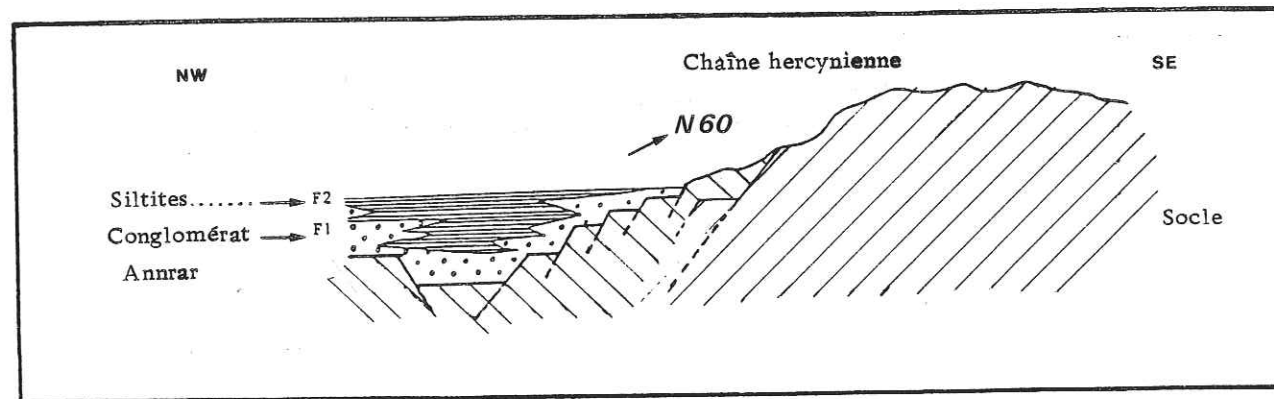


FIG 6 - Reconstitution tectonique du bassin permien (Biron 1982).

CHAPITRE II - PREMIÈRE PARTIE

" DESCRIPTION DES COUPES "

1° PARTIE: DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES..... 17

II-4 LE VOLCANISME PERMIEN SPILITIQUE DE LA VALLEE DE L'OURIKA..... 19

II-4-1 Description des différentes coupes..... 19

II-4-1-a- Coupe d'Annrar I..... 19

II-4-1-b- Coupe d'Annrar II..... 21

II-4-1-c- Coupe d'Annrar III..... 21

II-4-2 Pétrologie du volcanisme permien d'Annrar 21

II-4-2-a- Pétrologie du faciès de base..... 23

II-4-2-b- Pétrologie des faciès intermédiaires..... 24

II-4-2-c- Pétrologie des faciès de sommet de coulée..... 24

II-5 LE VOLCANISME PERMIEN D'AGUERGOUR..... 26

II-5-1 Description de la série volcanique..... 26

II-5-2 Pétrologie du volcanisme d'Aguergour..... 27

II-5-2-a- Description du faciès de base..... 27

II-5-2-b- Les coulées supérieures..... 29

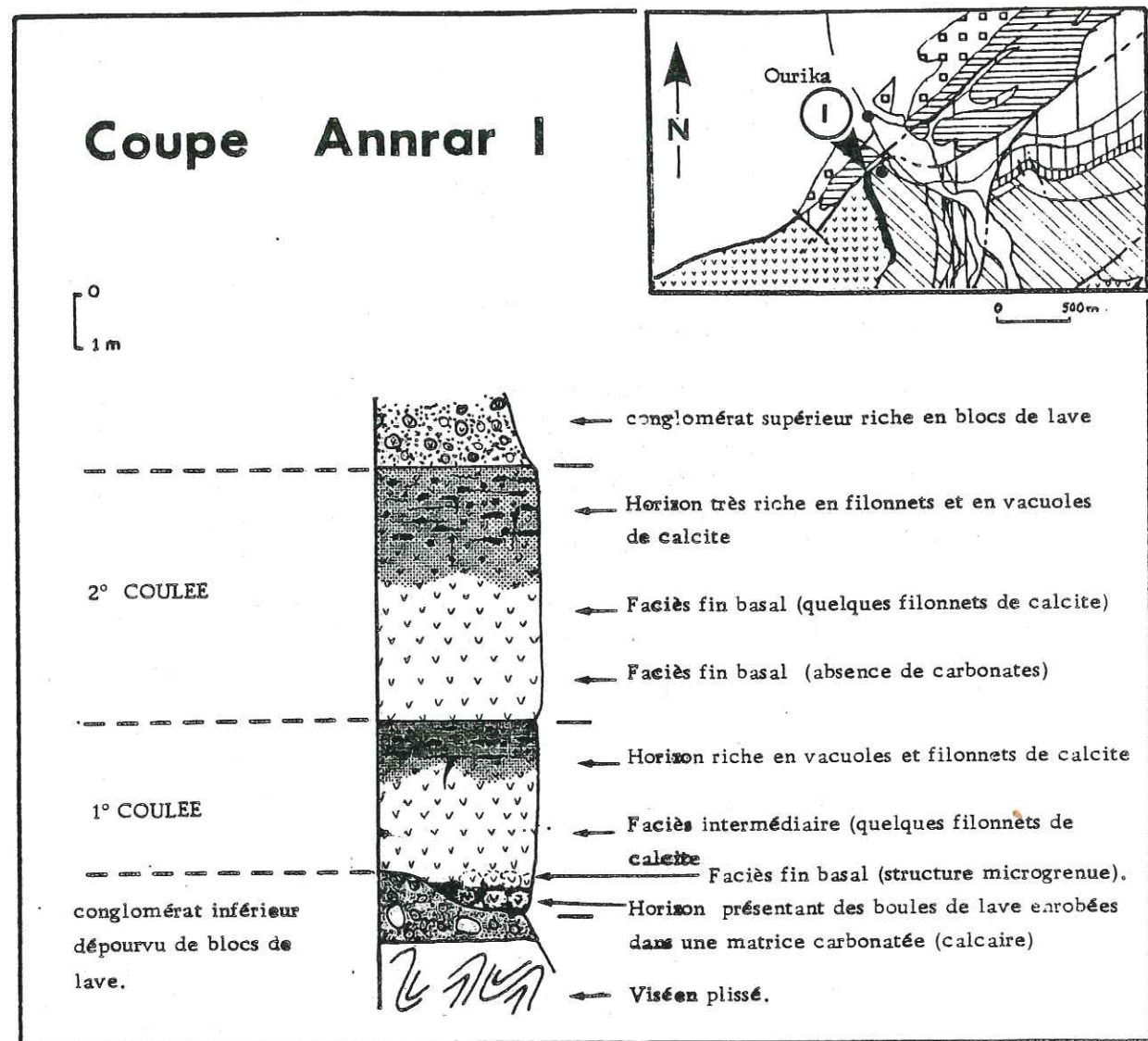


FIG 7 - Log de la coupe Annrar I.

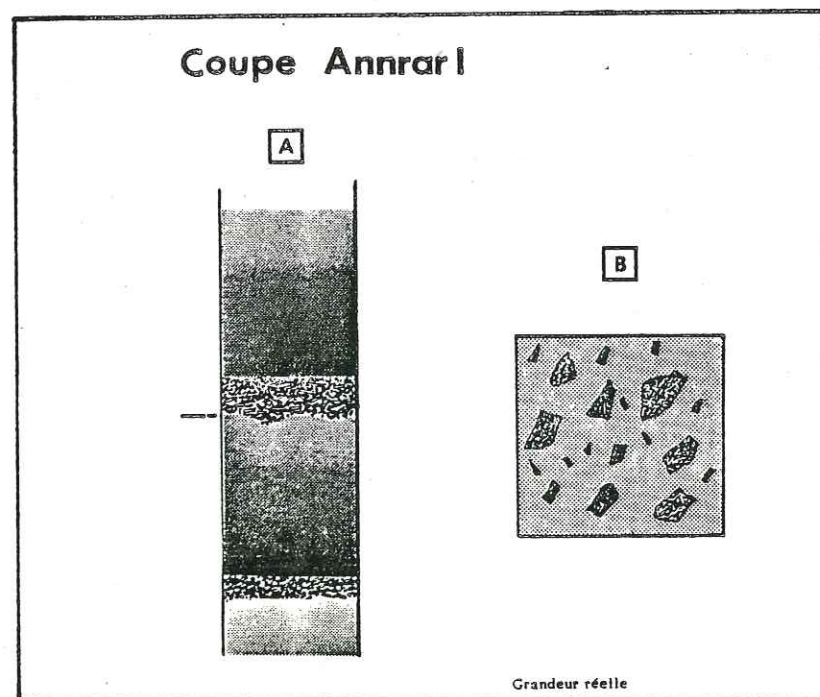


FIG 8 - Les retombées volcaniques dans le secteur d'Annrar.

A: Cendres volcaniques granoclassées; B: Blocs de lave ennoyés dans une matrice carbonatée.

II.4- LE VOLCANISME PERMIEN SPILITIQUE DE LA VALLEE DE L'OURIKA ANNRAR

Le volcanisme permien de la vallée de l'Ourika affleure en deux secteurs mais, dans le cadre de cette étude, je me limiterai à la description du site d'Annrar qui présente à la fois l'avantage de conditions d'affleurement excellentes, et d'une situation dans un contexte structural relativement simple.

Les spilites d'Annrar affleurent de manière très ponctuelle au-dessus du village vers le Sud. Elles se présentent sous la forme de deux coulées superposées d'une puissance totale de 10 m.

A la base, la première coulée repose directement sur le Viséen plissé, ou se trouve séparée de ce dernier par un niveau sédimentaire conglomératique d'un mètre d'épaisseur maximale, à galets peu roulés témoignant d'un transport réduit. Un milieu de sédimentation deltaïque à lacustre est classiquement évoqué par les auteurs qui ont tendance à généraliser ce phénomène à toute la série permienne et triasique (BIRON, 1982).

Surmontant les coulées, un niveau conglomératique à galets de spilites (150 m de puissance) évolue progressivement vers des faciès fins silto-gréseux et constitue les formations F1 et F2 définies par BIRON en 1982 (fig. 13) (annexe n° 1)

II.4.1- DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES

II.4.1.a- Coupe Annrar I (fig.7)

Une première coulée, de 3 à 5 m d'épaisseur, montre localement à sa base, sur un mètre et dans une zone confuse, un niveau sédimentaire carbonaté dans lequel se trouvent des blocs de spilites. Ils pourraient traduire un phénomène explosif au front de la coulée. Si le terme de pillow-lava ne paraît pas pouvoir être employé dans le cas présent, l'aspect de ces "boules" de laves enrobées par une matrice carbonatée, laisse penser à un épanchement sur un sédiment non induré, gorgé d'eau. Le caractère explosif de l'épanchement expliquerait peut-être le fait que l'on n'observe pas véritablement de pillow-lavas. Ce phénomène reste très ponctuel, et se limite souvent à quelques mètres. Un milieu lacustre pour la mise en place de ces coulées, permettrait d'expliquer de telles figures à leur base.

Une lave grise montrant un faciès fin non vacuolaire occupe les deux premiers mètres de la coulée. Plus on monte dans la coulée, plus on observe de filonnets et de vacuoles de carbonate. La moitié inférieure des coulées est très finement entrecoupée de minces filonnets (mm) de carbonate. La moitié supérieure montre une augmentation progressive du nombre et de la taille des vacuoles. Il s'agit là d'un véritable granoclassement "per ascensum" avec les vacuoles les plus volumineuses (de l'ordre du centimètre) correspondant à la coalescence de plusieurs petites vacuoles au sommet de la coulée.

Une discontinuité brusque entre ce faciès vacuolaire et un faciès fin marque le contact entre cette première coulée et la suivante.

Cette seconde coulée présente la même succession interne verticale que la première. Elle est recouverte par un niveau de conglomérats riches en blocs de laves d'aspect bulleux. Ils s'agit des laves décrites précédemment, dont les carbonates des vacuoles ont peut-être été dissous par une altération secondaire.

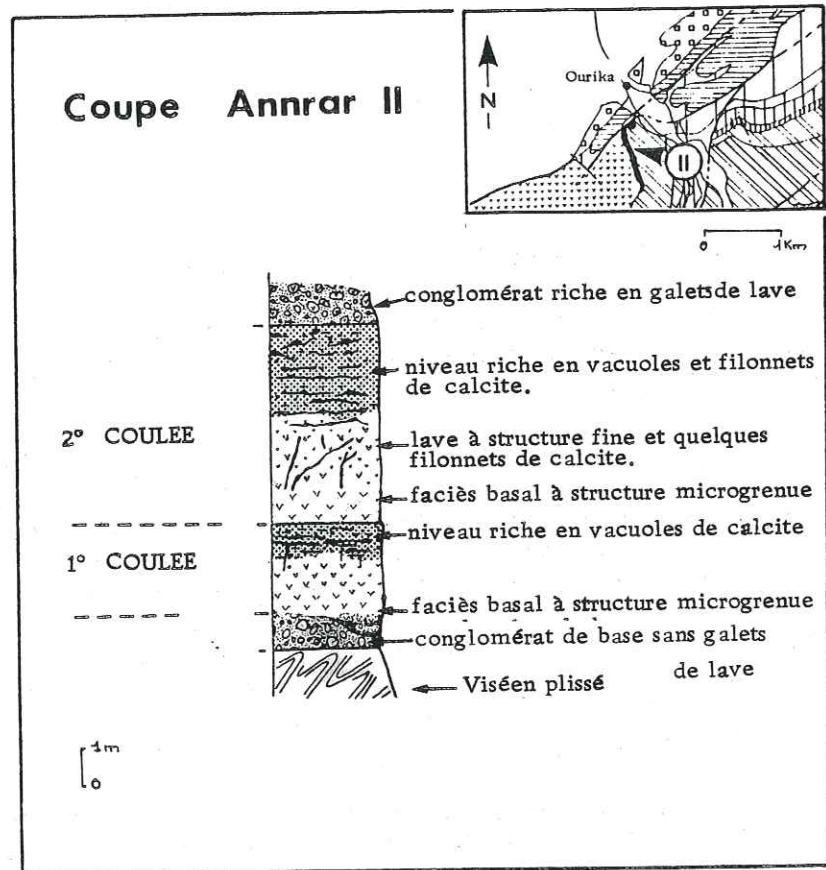


FIG 9 - Log de la coupe Annrar II.

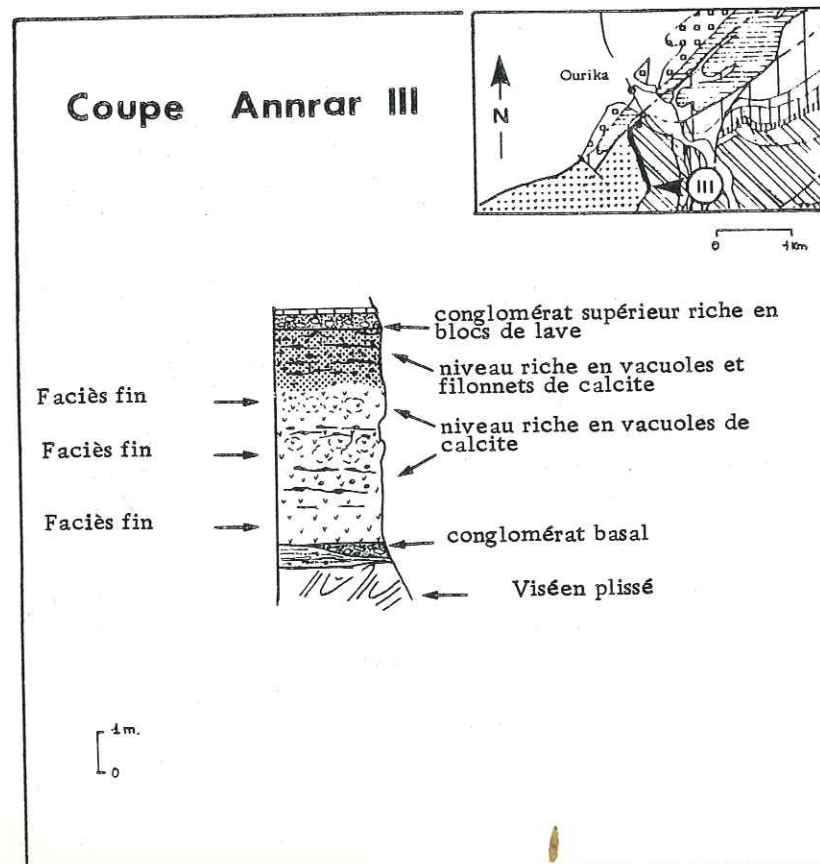


FIG 10 - Log de la coupe Annrar III

Latéralement aux coulées, des horizons de projections volcaniques fines confirment le caractère subaérien, localement explosif, des épanchements. Ce sont :

- Des cendres formant une succession de petites séquences (2 à 5 cm) granoclassées avec les termes les plus grossiers (0,5 à 2 mm) à la base sur 0,5 à 1 cm, et les termes les plus fins (< 0,5 mm) au sommet (fig. 8) ;
- Des blocs de lave envoyés dans une matrice carbonatée (fig. 8).

Ce volcanisme présente par ces conditions même d'affleurement de grandes similitudes avec le volcanisme alcalin fini-triasique des Corbières (AZAMBRE et al., 1981).

II.4.1.b- Coupe Annrar 2 (fig. 9)

Située à quelques dizaines de mètres au Nord de la précédente, elle révèle aussi l'existence de deux coulées superposées et présente globalement des caractères internes à chaque coulée, identiques.

Toutefois, la base de la première coulée montre un basalte à structure microgrenue, entrecoupé par quelques rares filonnets de calcite. Ce faciès passe en continuité à une lave à texture fine telle qu'on peut l'observer dans la coupe Annrar 1.

Une telle originalité à l'affleurement n'interdit pas les corrélations avec la coupe "Annrar 1" et permet de mieux cerner les similitudes avec le volcanisme d'Aguerguour (fig. 14).

Cette coupe "Annrar 2" fera l'objet d'une étude particulière dans le cadre de l'explication du phénomène de spilitisation (p. 45).

II.4.1.c- Coupe Annrar 3 (fig. 10)

Située dans la partie sud de l'affleurement, cette coupe, contrairement aux deux précédentes, ne montre pas véritablement plusieurs coulées distinctes superposées. L'alternance de niveaux riches en vacuoles (6.5 m) et de faciès fins non vacuolaires, présentant une sorte de débit en boules, laisse penser à un seul épanchement résultant d'une succession de petites venues volcaniques séparées par des intervalles de temps extrêmement brefs. Les séquences observées au sein d'un même épanchement pourraient correspondre à une rythmicité dans l'alimentation de la coulée.

II.4.2- PETROLOGIE DU VOLCANISME PERMIEN D'ANNRAR

Les variations dans l'aspect même de la lave, visibles à l'affleurement au sein d'une même coulée, m'ont conduit à une étude précise en lames minces, afin de suivre cette évolution depuis la base jusqu'au sommet de chacun des deux épanchements.

En rapport avec le phénomène de spilitisation qui sera abordé ci-dessous (p. 45), il me semble particulièrement important de préciser dès à présent que cette évolution de faciès (albitisation, potassification, chloritisation) n'affecte pas globalement l'ensemble de la série, mais garde un caractère propre à chaque coulée.

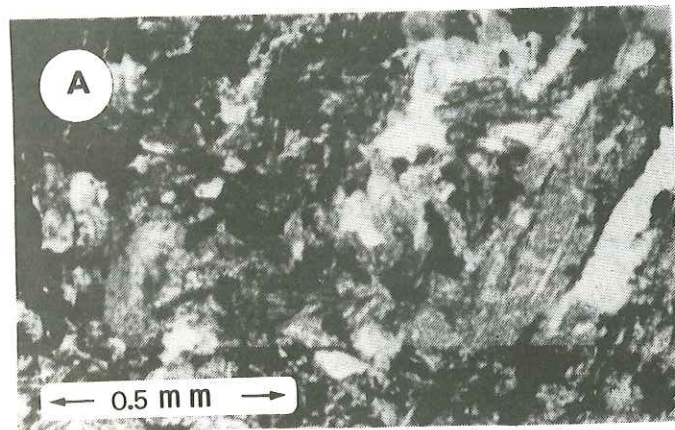
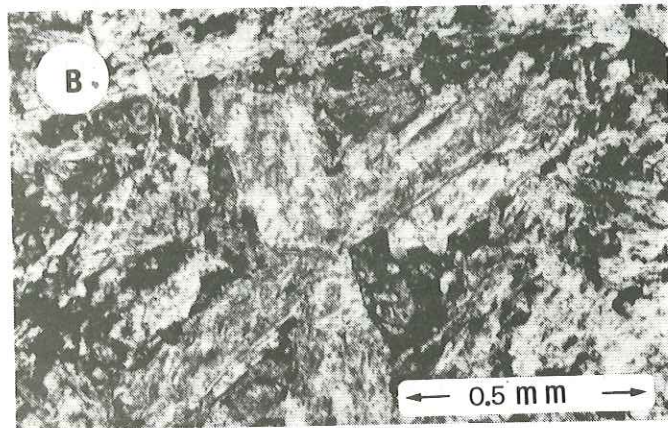


FIG 11 - A: Faciès intermédiaire
Présence de calcite dans la trame cristalline.



B: Faciès supérieur
Plagioclase renfermant des plages de calcite et de chlorite.

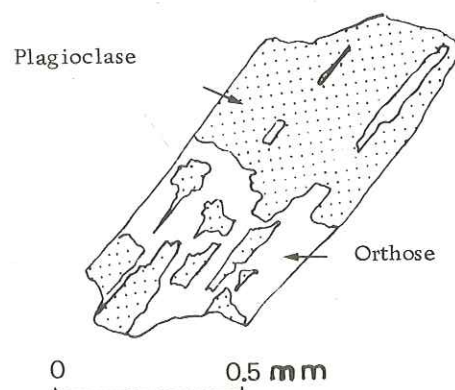


FIG 12 - Plagioclase renfermant des plages d'orthose.

Au sein de chaque épanchement, trois types de faciès ont pu être distingués:

- un faciès de base à structure intersertale microgrenue, non spilitisé;
- un faciès intermédiaire qui regroupe en fait un ensemble de paragenèses minérales, traduisant une transformation progressive de la lave.
- un faciès de sommet de coulée, à structure microlitique porphyrique, riche en vacuoles de carbonates, qui présente une paragenèse franchement spilitique (albite, chlorite, calcite).

Un phénomène de potassification est observé.

Ces trois faciès seront étudiés successivement.

III.4.2.a- Pétrologie des faciès de base

Au sein d'une coulée de 5 m de puissance, il ne représente généralement pas plus de 1 mètre d'épaisseur. Il s'agit d'une lave à structure intersertale subophitique.

1°) Les ferromagnésiens.

L'olivine, souvent de très grande taille (2 à 4 mm) est toujours pseudomorphosée. Une bordure hématisée souligne la forme du cristal initial ainsi que les craquelures de refroidissement.

Aucun pyroxène n'a été observé, mais quelques plages calcitiques plus ou moins losangiques pourraient être interprétées comme des reliques de ces derniers, et ne permettent donc pas d'écarter systématiquement la non cristallisation primaire du pyroxène.

2°) Les feldspaths

Les feldspaths sont parfaitement sains et les plans de macles sont très bien conservés. Deux générations de feldspaths semblent avoir cristallisé successivement. Une première phase a conduit à la cristallisation de grandes lattes (2 à 3 mm) d'un plagioclase dont les angles d'extinction sur les plages perpendiculaires à (0 10) ont révélé une composition de labrador. Une seconde génération de cristaux plus petits a cristallisé entre les lattes de labrador. Des angles d'extinction, légèrement plus faibles, leur confèrent un caractère plus sodique.

Dans la partie supérieure de ce niveau, des plages de calcite ont été observées dans la trame microlitique. Toutefois des filonnets de calcite recoupent les microphénocristaux de labrador. De telles observations montreraient le caractère contemporain de la phase fluide carbonatée avec la cristallisation de la lave microlitique.

3°) La mésostase

Dans un fond très hématisé, on note l'abondance de minéraux comme la magnétite et la titanomagnétite. La phase carbonatée peut représenter 20% du volume de la roche.

III.4.2.b- Pétrologie des faciès intermédiaires

Ils représentent la partie de la coulée où s'individualisent les premières vacuoles de carbonates. Au sein d'une coulée de 5 m de puissance, ils constituent 1,5 à 2 m au-dessus du faciès de base.

1°) Les ferromagnésiens

L'olivine, assez abondante dans le faciès de base, reste toujours présente, mais dans des proportions moindres. Elle apparaît sous forme de reliques pseudomorphosées soit par de la calcite, soit par des chlorites. Aucun pyroxène n'a été observé.

2°) Les feldspaths

On observe la coexistence de microphénocristaux de labrador (0,5 à 1 mm) particulièrement altérés avec des microphénocristaux de labrador peu altérés et une phase microlitique de composition albitique. Les microphénocristaux de feldspath altérés montrent de nombreuses petites plages de calcite et de chlorite très finement cristallisée. Quelques microphénocristaux renferment des plages d'orthose (fig.11).

3°) La mésostase

Les espaces intergranulaires sont chloritisés et la phase calcitique est particulièrement importante. La magnétite et la titanomagnétite sont encore bien représentées.

III.4.2.c- Pétrologie des faciès de sommet de coulée

Il s'agit d'un faciès fin à structure microporphyrrique.

La paragenèse spilitique classique, albite - chlorite - calcite, est systématiquement observée.

1°) Les ferromagnésiens

La paragenèse haute-température n'est représentée que par des reliques d'olivine peu nombreuses, toutes chloritisées et à bordure hématisée.

2°) Les feldspaths

L'ensemble de ces faciès supérieurs montrent des phénocristaux de labrador chloritisés et calcitisés dans une trame cristalline, constituée par des microlites d'albite et d'orthose.

Certaines plages sont pseudomorphosées en chlorite cryptocristalline et en calcite. De l'orthose est visible en croissance intergranulaire avec de l'albite, mais aussi en plages au sein de certains microphénocristaux (fig.12).

3°) La mésostase

Elle est entièrement chloritisée et calcitisée. Un pourcentage de magnétite assez élevé est surtout concentré à proximité des reliques de ferromagnésiens.

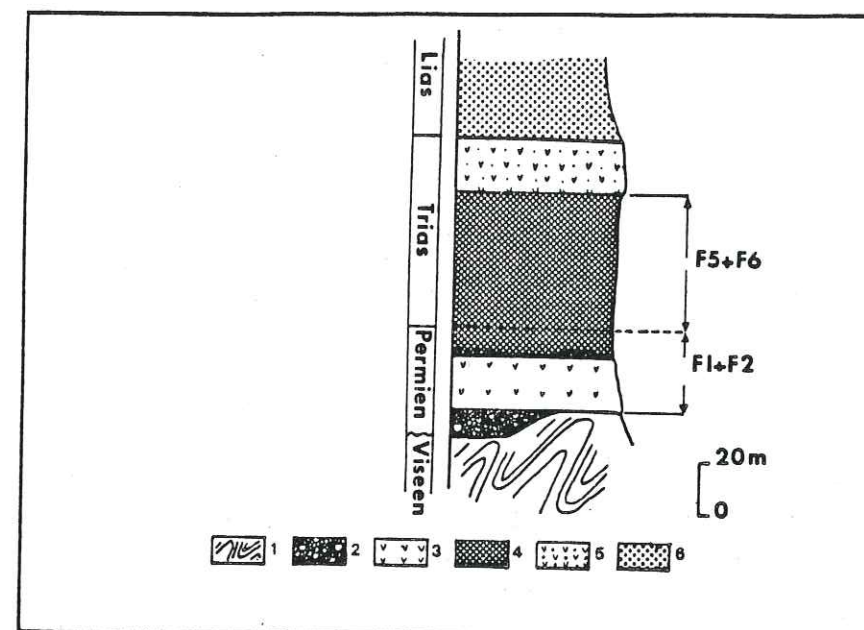


FIG 13 - La série permienne et triasique dans le secteur d'Aguergour.

1: Viséen plissé ; 2: conglomérat (Formation F1 Biron 1982) ; 3: Volcanisme permien ; 4: Silts (Formations F2, F5, F6 (Biron 1982) ; 5: Volcanisme fini-triasique ; 6: Silts liasiques.

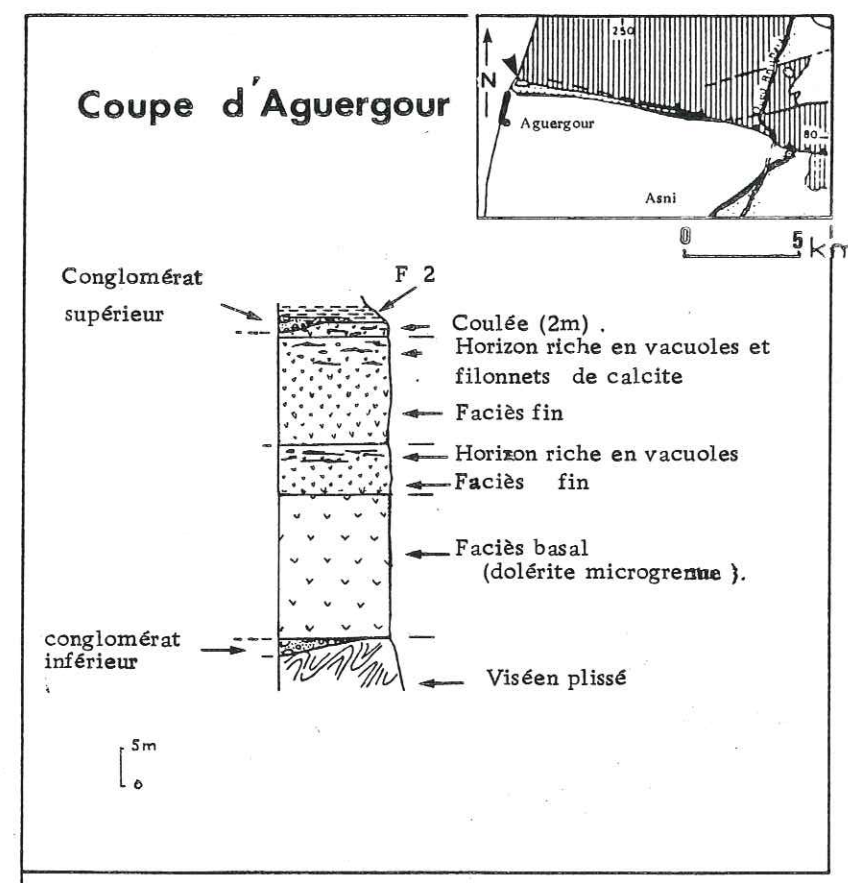


FIG 14 - Log de la coupe d'Aguergour.

4°) Les vacuoles de calcite

Ces vacuoles représentent parfois jusqu'à 40% du volume de la roche dans les faciès supérieurs des coulées, où elles se trouvent concentrées.

Les vacuoles sont de tailles variables (0,1 à 2 cm). Elles sont reliées entre elles par un réseau de filonnets (0,1 à 4 mm d'épaisseur).

Elles montrent une polarité avec de la calcite fibreuse à la base, (parfois en gerbe) et une cristallisation de calcite monominérale au sommet (fig.15).

Des rhomboèdres soulignés par des oxydes de fer sont visibles au coeur de certaines d'entre elles. Une frange chloriteuse est parfois présente à leur périphérie.

Ces vacuoles, le plus souvent sphériques, peuvent se présenter localement aplaties et permettent alors, en travaillant sur un dièdre, de déterminer un sens d'épanchement. De telles mesures, compte-tenu de la petite surface de l'affleurement, restent peu significatives. Le contact lave-vacuole est net. Seule une frange de lave très finement cristallisée (0,1 à 0,3 mm) s'observe au sommet de certaines vacuoles.

II.5 LE VOLCANISME PERMIEN D'AGUERGOUR

Le mode de gisement et l'environnement de mise en place analogue à celui de la vallée de l'Ourika (Anrrar) m'ont conduit avec P. BIRON à rattacher cet affleurement au Permien (fig.13). Des caractères pétrographiques et géochimiques confirment la parenté de ce volcanisme avec celui d'Anrrar.

Le contexte de mise en place est représenté par une paléotopographie relativement accusée. Celle-ci est localement comblée par un conglomérat de couleur lie de vin dépourvu de galets de lave. Les coulées se sont épanchées sur cette première topographie. Elles sont recouvertes par un conglomérat riche en galets de lave. Ce dernier évolue très rapidement vers des faciès plus fins attribués aux termes F1 et F2 de BIRON (op. cit.) (fig.13).

II.5.1- DESCRIPTION DE LA SERIE VOLCANIQUE (s. str.)

Reposant directement sur les conglomérats inférieurs, une coulée de 20 m de puissance, présentant un faciès microgrenu à structure presque fluidale de la base jusqu'au sommet, constitue la première manifestation éruptive de ce secteur. Cette première venue comble une paléotopographie accusée qui définit elle-même une morphologie qui sera ennoyée sous les épanchements suivants (fig.14). Un contact net sépare la coulée de base de la partie supérieure de la série volcanique permienne, constituée par un ensemble de trois coulées superposées, respectivement 7 mètres, 15 mètres et 3 mètres (fig.14). Chaque coulée évolue depuis un faciès fin à la base jusqu'à un faciès vacuolaire au sommet. Les phénomènes de granoclassement des vacuoles de carbonates, observés à Anrrar, s'observent aussi ici mais avec une taille des vacuoles plus importante.

Localement, à l'Ouest de l'affleurement, une coulée redressée ou un dyke subvertical se distingue du reste de la série horizontale. Cet affleurement est calé sur un accident N 110° de même direction que le grand accident limitant le nord du plateau de Kik et se poursuivant jusque

vers Asni (Jbel Khelout) (Chapitre III, p. 97). Subvertical à pendage vers le Nord, cet affleurement montre la succession suivante: un horizon de très fines lamines très altérées de 5 à 10 cm sur 3 m, passant progressivement à un horizon compact de deux mètres de puissance.

Une telle succession permet d'interpréter cet affleurement comme une coulée que la tectonique locale (croisement d'un accident N 110° et N 20°) aurait ramenée à la verticale. La série sédimentaire triasique sus-jacente, excepté l'horizon conglomératique surmontant immédiatement, ne montre apparemment aucune transformation tectonique correspondant au phénomène qui aurait pu redresser la série volcanique-permienne.

Faut-il alors invoquer l'existence d'une phase tectonique permienne ?

Cet affleurement peut aussi être interprété comme un dyke. Toutefois, il n'a pas été possible de vérifier à l'affleurement si la formation sédimentaire a subi des transformations aux abords immédiats de ce dernier. Sa direction, N 110°, serait compatible avec la présence du centre d'émission (Asni, Jbel Khelout) du volcanisme fini-triasique, placé sur le même accident à 20 km à l'Est. Ceci serait aussi conforté par l'alignement de pointements éruptifs, selon une direction N 110°, au Col du Tizi Ouzla (10 km au Sud). Cet accident ancien (LAVILLE, 1981) aurait donc fonctionné au Permien, donnant ainsi naissance à la série volcanique permienne.

II.5.2- PETROLOGIE DU VOLCANISME D'AGUERGOUR

II.5.2.a- Description du faciès de base d'Aguergour (fig 16)

Il s'agit d'un basalte à structure subophitique.

1) Les minéraux ferromagnésiens

Des clinopyroxènes de composition augitique cristallisent entre de grandes lattes de labrador orientées. Ces augites ne sont pratiquement pas altérées. A côté des pyroxènes, un autre minéral de la paragenèse haute-température, l'olivine, est bien représenté. Elle apparaît en reliques évoluant depuis des formes automorphes jusqu'à des formes très corrodées et fracturées.

Les craquelures caractéristiques des olivines basaltiques sont encore visibles, car souvent soulignées par une pseudomorphose d'hématite en bordure, l'ensemble du minéral étant pseudomorphosé par des minéraux de basse température comme les chlorites.

2) Les feldspaths

Ils se présentent sous la forme de grandes lattes allongées avec des macles très fines aux extrémités biseautées et traduisent des conditions de cristallisation peu stables. Il s'agit de labrador (An 50-70) déterminé par les angles d'extinction sur des sections perpendiculaires à (0 10).

Secondairement aux plagioclases, des feldspaths potassiques, qui confirment l'enrichissement en potassium de ce volcanisme, cristallisent, soit entre les lattes de plagioclases, soit à la périphérie des ces derniers.

Leur pourcentage reste très faible, ce qui explique le caractère faiblement alcalin de ce premier épanchement.

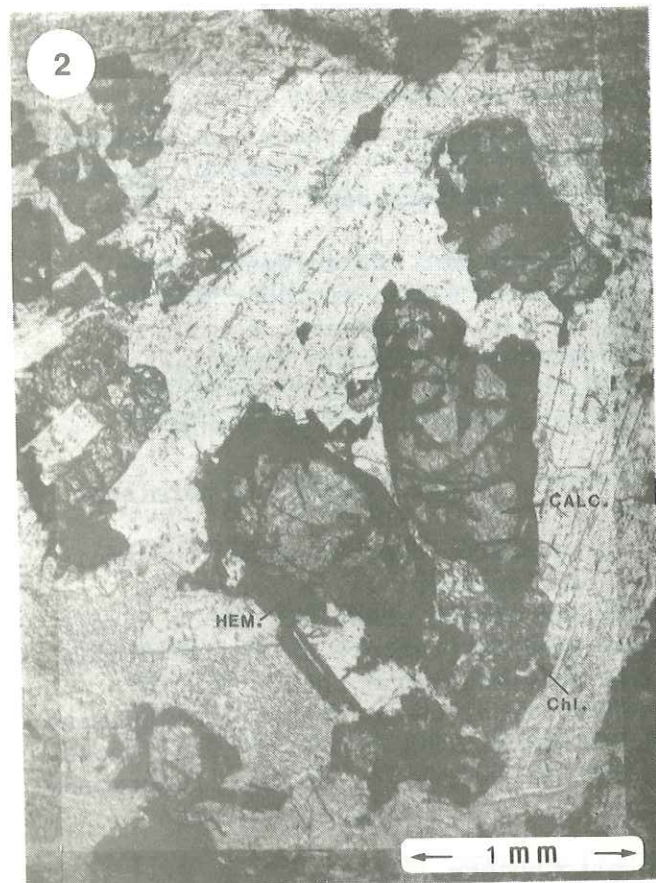
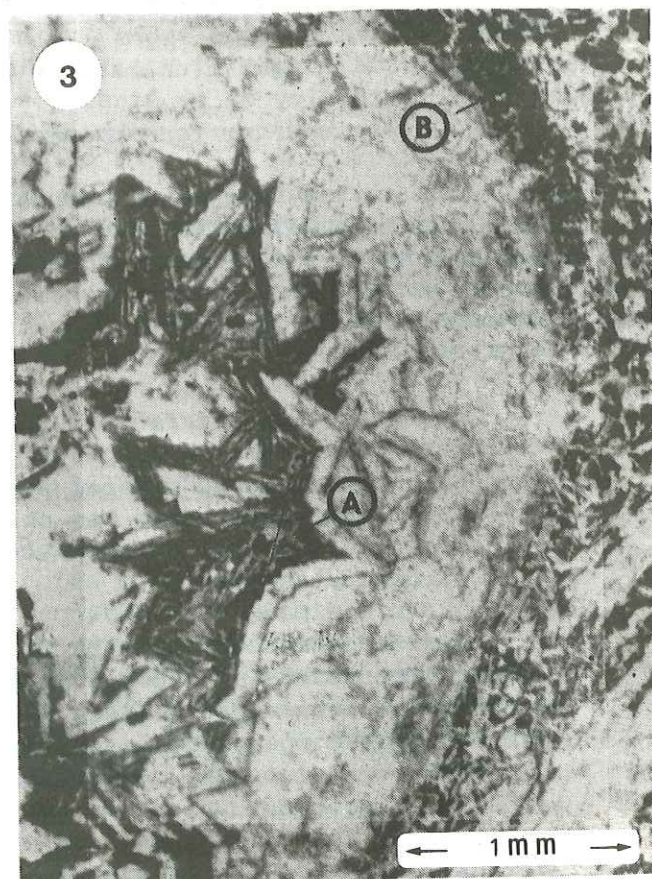
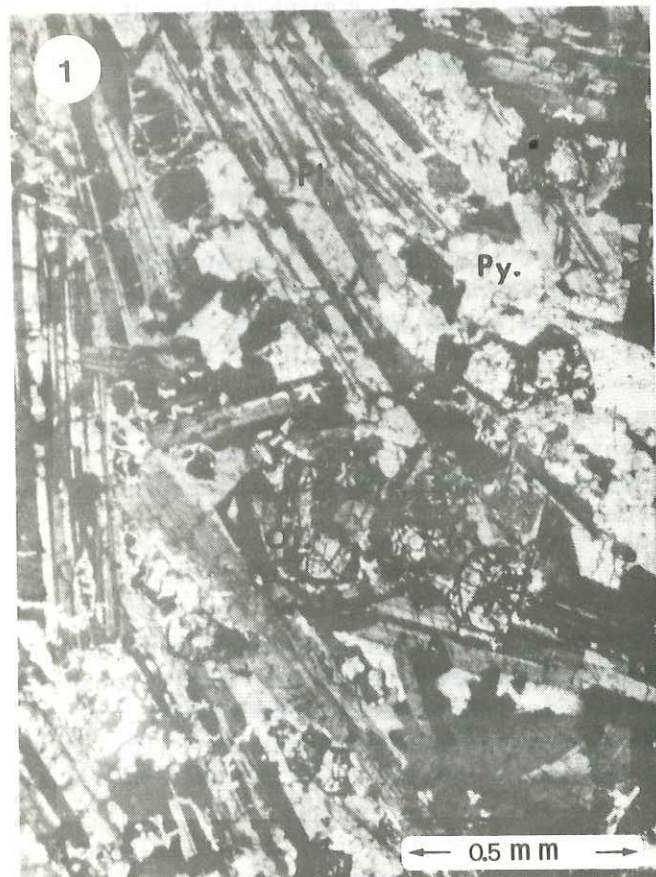


FIG 16 - 1: Faciès de base Ol:olivines, Py:pyroxènes
Pl:plagioclases. (L. P.).

2: Olivines (L.N.): pseudomorphose par de la calcite (calc.), chlorite (chl.) et de l'hématite (hém.).

3: Vacuole de calcite, coulée supérieure
A: rhomboèdres soulignés par des oxydes de fer.
B: frange réactionnelle autour de la vacuole.



3) La mésostase

Les espaces intergranulaires apparaissent complètement chloritisés et correspondent à l'altération de la phase vitreuse. La chlorite, très finement cristallisée, est légèrement pléochroïque dans les verts, et montre des teintes de polarisation gris clair à blanc soulignant la structure botryoïdale de la cristallisation.

La magnétite se présente sous forme de fines baguettes.

II.5.2.b- Les coulées supérieures

La base de la coulée montre une structure trachytique fine, sans phénocristaux. En sommet de coulée, cette même structure est conservée mais avec un enrichissement en vacuoles de calcite. Une certaine fluidalité est systématiquement observée.

1) Les minéraux ferromagnésiens

Quelques rares olivines apparaissent ici sous forme de reliques. De petite taille (0,1 à 0,5 mm), elles sont entièrement pseudomorphosées par de l'hématite. De plus grande taille (0,5 à 1,0 mm), elles sont pseudomorphosées par de la chlorite et par de l'hématite, la chlorite étant en position centrale.

Aucun pyroxène n'a été observé même sous forme de reliques. Il faut donc considérer ou bien que le pyroxène n'a jamais cristallisé, ou bien qu'il a été entièrement chloritisé sans conservation de ses contours.

L'absence d'augite est peut-être à rattacher au caractère potassique de ces coulées (TANE, 1969). Toutefois, la présence de certaines petites plages, très finement cristallisées, de chlorite, ne permet pas d'exclure l'existence de microphénocristaux d'augite altérés.

L'altération globale de la lave qui donne cette couleur rouille, aussi bien en altération qu'en cassure fraîche, rend les observations microscopiques difficiles.

2) Les feldspaths

La trame feldspathique est de nature potassique. Une étude par analyse diffractométrique aux R.X. associée à une observation microscopique a permis de déterminer une composition d'orthose. Les feldspaths se présentent sous forme de microlites (0,05 à 0,2 mm) aux contours diffus.

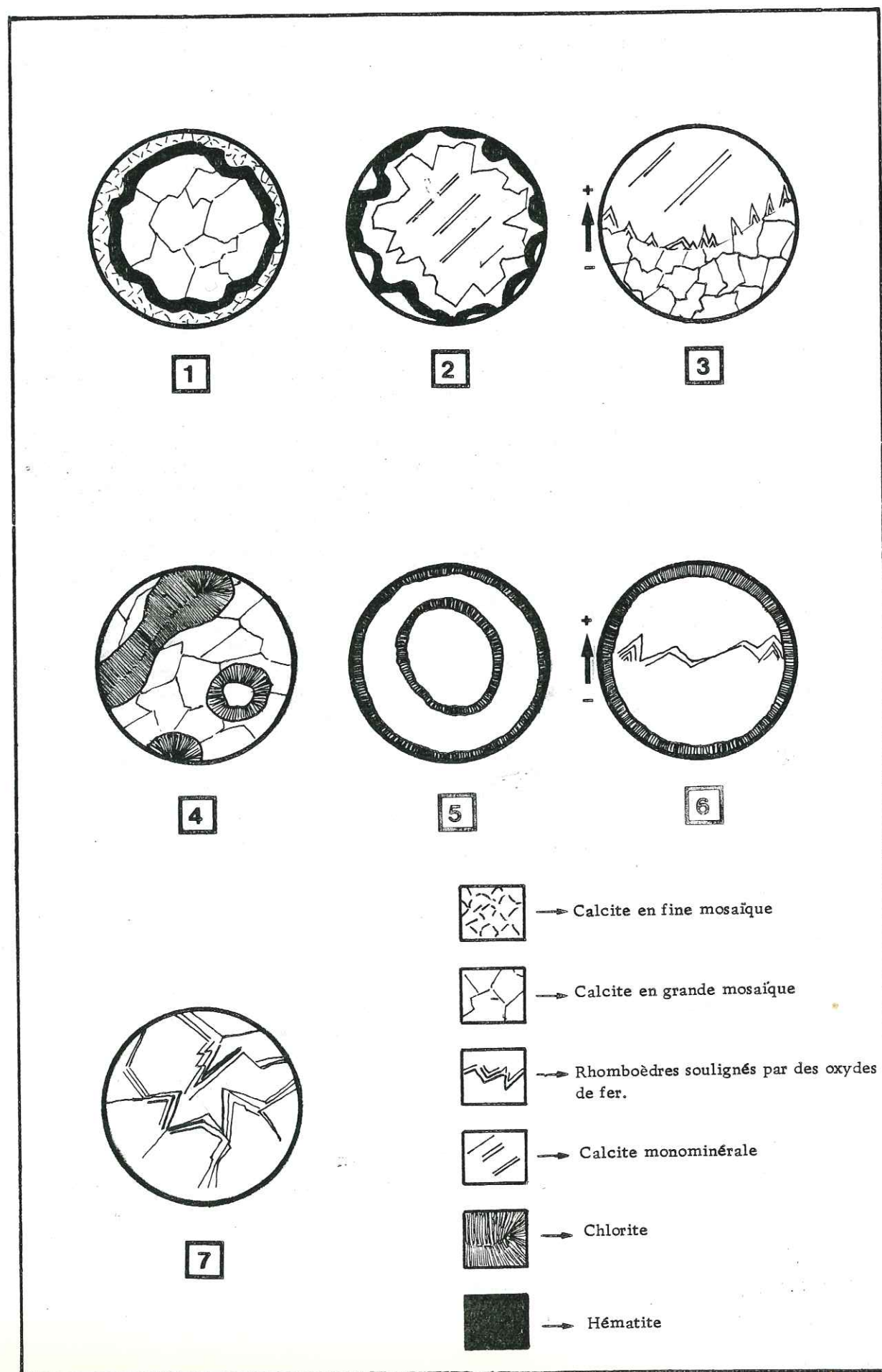
Quelques feldspaths cristallisent sous une forme plus trapue (0,1 à 0,5 mm).

3) Les minéraux opaques

La magnétite est le seul minéral opaque représenté. Elle peut parfois être très abondante, 25 à 30 % du volume total de la roche.

4) La mésostase

Très peu représentée entre les microlites de feldspaths, elle est souvent chloritisée. La chlorite apparaît alors en structure botryoïdale. Elle apparaît très souvent sous forme d'hématite.



5) Les vacuoles et les filonnets de calcite (fig 15)

Les vacuoles sont de tailles très diverses (0,5 mm à 5 cm) et souvent de forme allongée. Elles sont toutes reliées entre elles par un fin réseau de petits filonnets (0,1 à 0,5 mm d'épaisseur).

Il n'y a pas véritablement de frange réactionnelle entre la lave et la vacuole, si ce n'est très localement une petite bordure cryptocristalline, au sein de laquelle la magnétite est très abondante.

Des microlites de plagioclase se moulent parfois sur les contours de la vacuole et laissent donc envisager un caractère primaire de cette dernière.

Certaines vacuoles apparaissent comme recoupées par des filonnets de calcite dont les bords sont très riches en oxyde de fer. Ceci pourrait alors traduire deux générations de remplissage. Toutefois, une continuation de la cristallisation depuis la vacuole jusqu'à l'intérieur du filonnet conduit à interpréter ces derniers comme contemporains du remplissage de la vacuole. Des traces de rhomboèdres, soulignées par des oxydes de fer, sont visibles au sein des vacuoles. Ils témoigneraient de deux générations de cristallisation. L'ensemble de ces observations laisse penser à un même remplissage plus ou moins saccadé. Les filonnets pourraient correspondre soit à des zones d'alimentation, soit à des zones d'exsudation.

FIG 15 Les vacuoles de carbonates dans les laves du volcanisme permien.

- 1- Vacuole avec une frange de calcite en fine mosaïque et à liseré d'hématite. Remplissage central par de la calcite en grande mosaïque.
- 2- Vacuole à frange hématitique. La partie centrale montre une cristallisation de calcite monominérale que souligne une cristallisation en rhomboèdres.
- 3- Vacuole montrant une polarité avec de la calcite en mosaïque à la base et de la calcite monominérale au sommet. La limite entre les deux est soulignée par une cristallisation de petits rhomboèdres.
- 4- Vacuole de calcite en mosaïque et à flots chloriteux.
- 5- Vacuole montrant à sa périphérie une frange chloriteuse, une autre frange chloriteuse s'individualise dans la partie centrale.
- 6- Vacuole à frange chloriteuse et à rhomboèdres de calcite soulignés par des oxydes.
- 7- Rhomboèdres de calcite soulignés par des oxydes.

CHAPITRE II - DEUXIÈME PARTIE

" GEOCHIMIE "

2° PARTIE: GEOCHIMIE.....	33
II-6 GEOCHIMIE DU VOLCANISME PERMIEN.....	35
II-6-1 Caractères généraux.....	35
II-6-2 Variation des éléments majeurs.....	35
II-6-3 Variation des éléments en traces.....	38
II-6-3-a- Le baryum.....	38
II-6-3-b- Le niobium.....	38
II-6-3-c- Le zirconium.....	38
II-6-3-d- L'yttrium.....	38
II-6-3-e- Le rubidium.....	38
II-6-4 Nature du volcanisme permien dans le Haut-Atlas.....	39
II-6-4-a- Diagramme alcalins / silice.....	39
II-6-4-b- Diagramme A.F.M.	39
II-6-4-c- Diagramme P2O5 / Zr.....	39
II-6-4-d- Diagramme TiO2 / Zr.....	39
II-6-4-e- Diagramme TiO2 / Zr/P.....	39
II-6-4-f- Diagramme Nb/Y / Zr/P.....	41
II-6-4-g- Diagramme TiO2/K2O/P2O5.....	41
II-6-4-h- Diagramme Ti/100 / Zr / Yx3.....	41

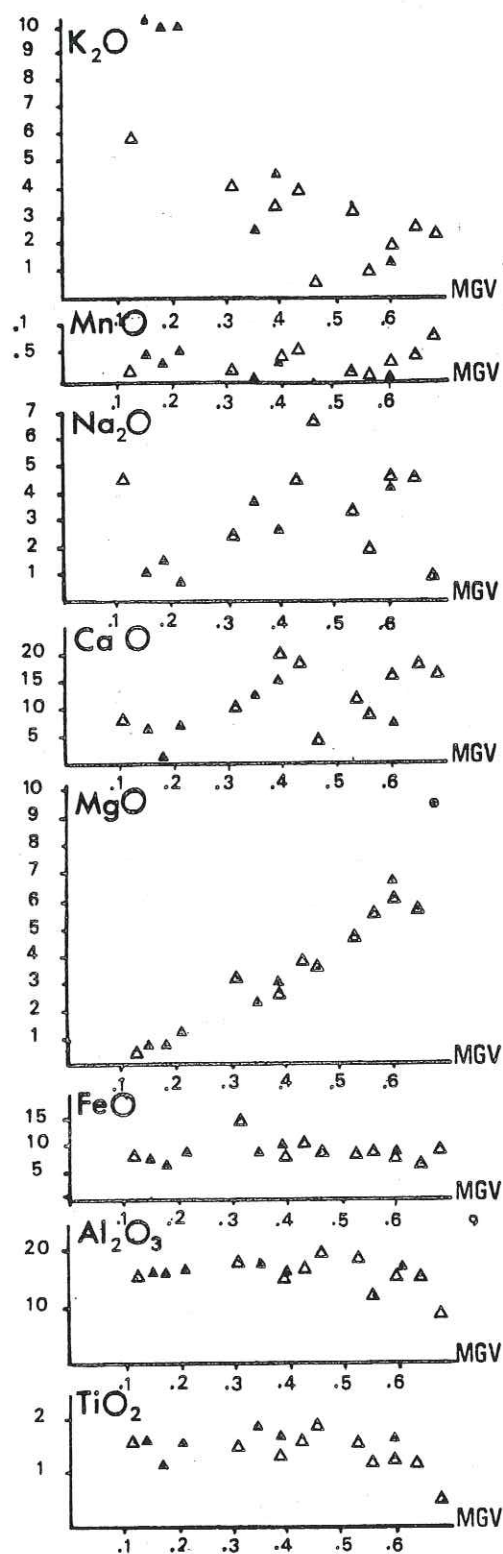


FIG 17 - Variation des éléments majeurs* au cours de la différenciation
 △; volcanisme d'Annrarr
 ▲; volcanisme d'Aguergour.
 *: exprimé en pourcentage poids d'oxyde corrigé en base anhydre.

MGV : Mg value

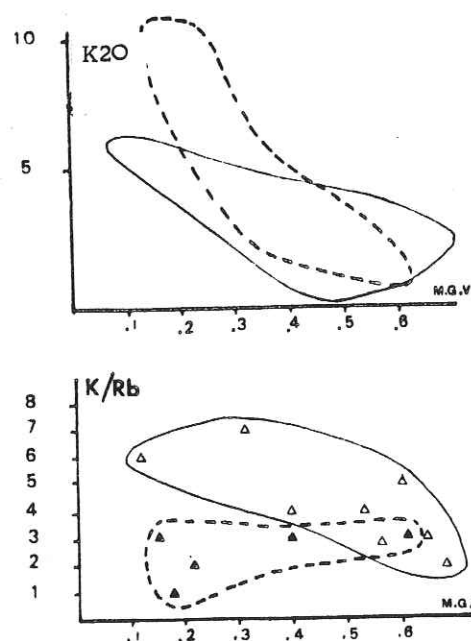


FIG 18 - Mise en évidence des deux lignées
 △: volcanisme d'Annrarr
 ▲: volcanisme d'Aguergour

II.6- GEOCHIMIE DU VOLCANISME PERMIEN

Un ensemble de 17 analyses (11 sur le secteur d'Annrarr et 6 pour le secteur d'Aguergour), a fait l'objet d'une étude portant sur les éléments majeurs et sur des éléments en traces. L'ensemble de ces analyses est reporté dans le tableau 1 p194.

II.6.1- CARACTERES GENERAUX

Le calcul des normes C.I.P.W. montre que les roches renferment de la néphéline et parfois même de la leucite. Toutefois, compte tenu des teneurs anormales en potassium, ces normes restent peu significatives.

L'indice $Mg / (Mg + Fe)$ a été préféré à l'indice S.I. = $MgO \times 100 / MgO + FeO + Na_2O + K_2O$ (KUNO, 1953) pour traduire les processus de différenciation en éliminant la grande variabilité des alcalins.

Cet indice évolue de 0.61 à 0.12 et montre qu'il s'agit de faciès peu différenciés à différenciés.

II-6-2- VARIATION DES ELEMENTS MAJEURS

De façon générale une très grande variabilité a été observée pour tous les éléments sauf pour le titane. Cette variabilité pourrait traduire l'influence d'une contamination, soit par altération, soit par un processus hydrothermal contemporain de la mise en place.

Le calcium montre une très grande dispersion (fig. 17). Une corrélation positive a été mise en évidence entre CaO et H₂O (fig. 19). La perte au feu pouvant atteindre 20 % dans certains échantillons serait due au pourcentage de carbonate en vacuole dans la roche.

Le magnésium montre une corrélation positive avec l'indice de différenciation qui traduit sa diminution au cours de la différenciation.

Le sodium semble évoluer selon deux tendances. Une corrélation négative s'observe pour les faciès d'Annrarr, montrant un enrichissement en sodium dans les faciès les plus différenciés. Une corrélation négative est observée à Aguer gour et paraît tout à fait anormale. Toutefois, dans ce secteur, cet appauvrissement en sodium dans les faciès les plus différenciés, semble correspondre à un enrichissement anormal en potassium. Cette observation pourrait argumenter l'hypothèse d'un processus de contamination par un échange ionique de type $Na \leftrightarrow K$. (fig 28)

Un enrichissement moins marqué à Annrarr est peut-être, en fait, masqué par la spilitisation (p. 43).

Les coulées supérieures d'Aguergour montrent des teneurs en potassium de 10 %, tout à fait anormales. La composition chimique de ces laves montre d'ailleurs de grandes similitudes avec les coulées hyperpotassiques du Pic Vert (Massif de l'Oisans - Alpes) décrites par TANE et al. (1969)

Il serait donc possible d'envisager que ce caractère hyperpotassique résulte d'un processus de contamination secondaire. La présence de laves non potassiques ou peu potassiques à la base des coulées pour le secteur d'Annrarr et pour le faciès de base d'Aguergour, plaiderait plutôt en faveur d'une contamination à caractère hydrothermal.

Dans ce sens, Buffet (1981) envisage l'enrichissement en potassium par un processus hydrothermal propylitique lié à des fractures cotemporaines du volcanisme. La position des basaltes au-dessus des granites lui permet d'expliquer ce caractère hyperpotassique.

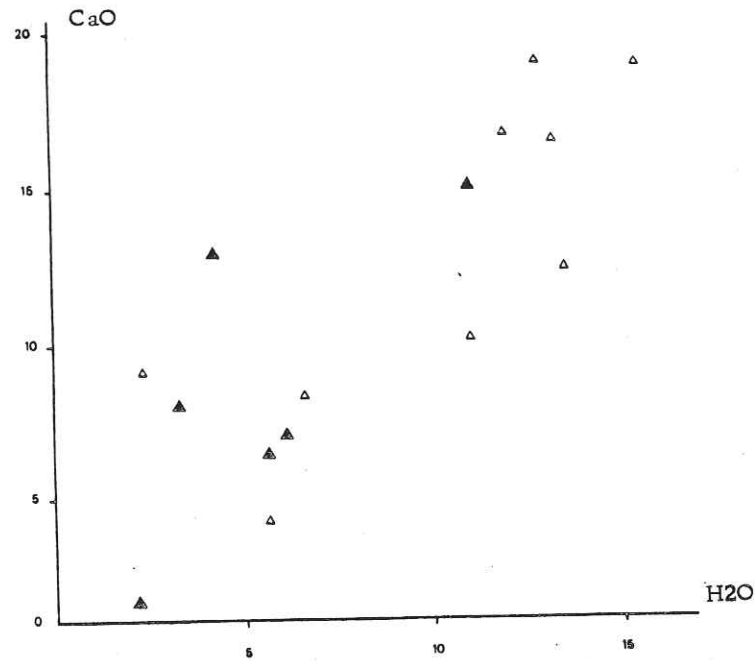


FIG 19 - Diagramme CaO / H2O

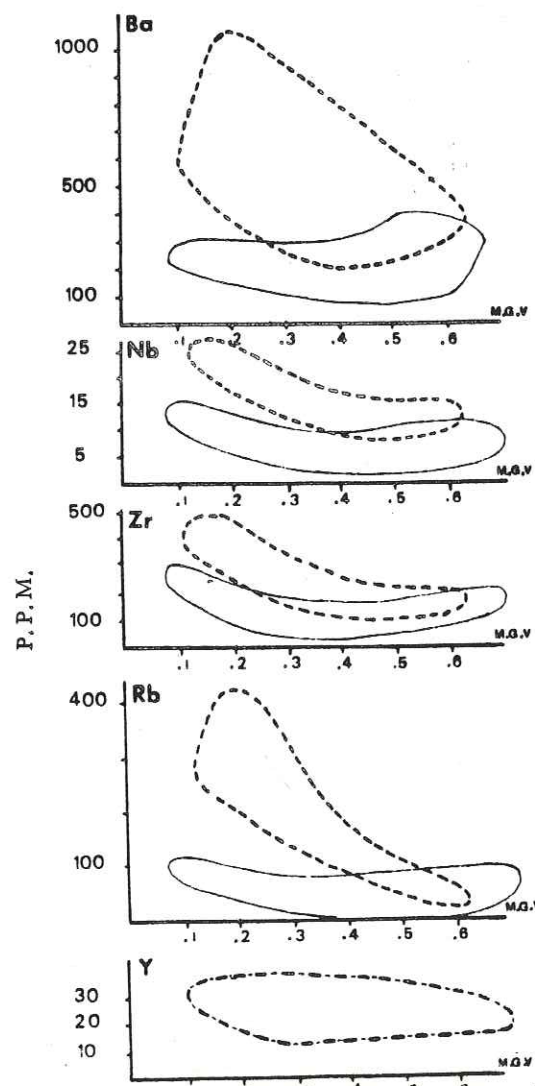


FIG 21 - Mise en évidence des deux lignées (même légende que la fig.).

FIG 20 - Variation des éléments en traces au co de la différenciation. (même légende que la fig. 18).

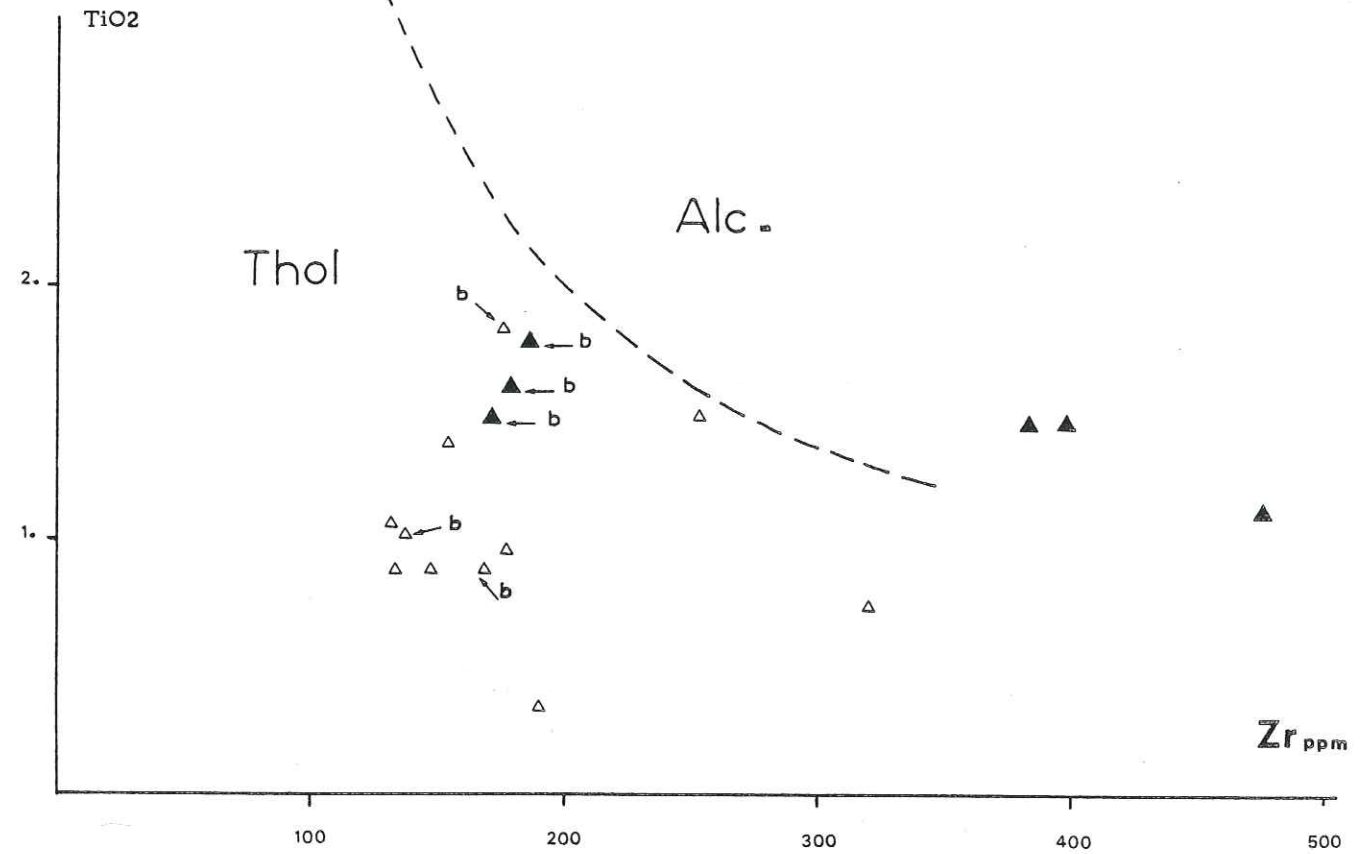
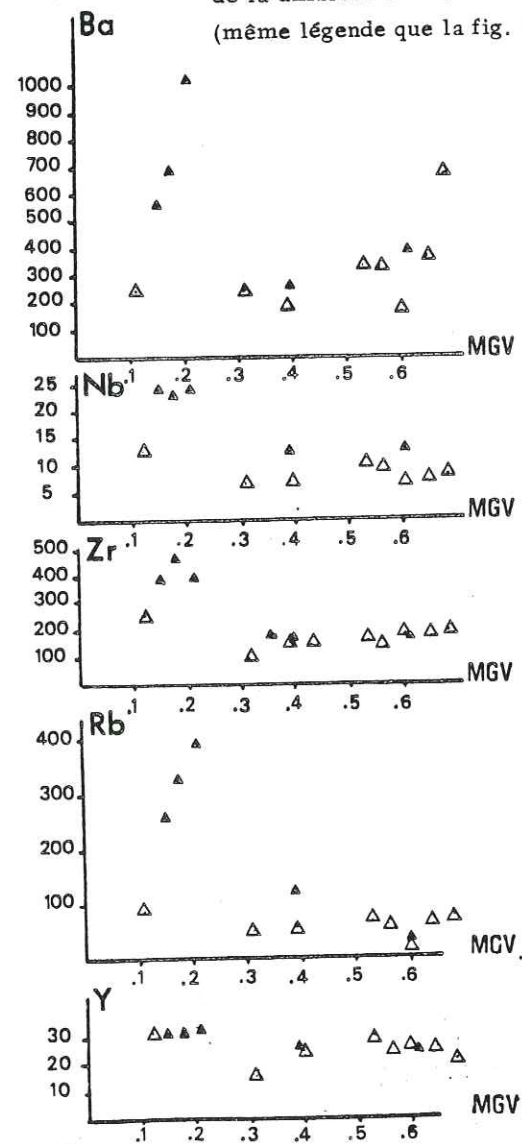


FIG 22 - Diagramme Ti / Zr (Floyd et Winchester 1975). même légende que la fig. 18 . (b: base de coulée)

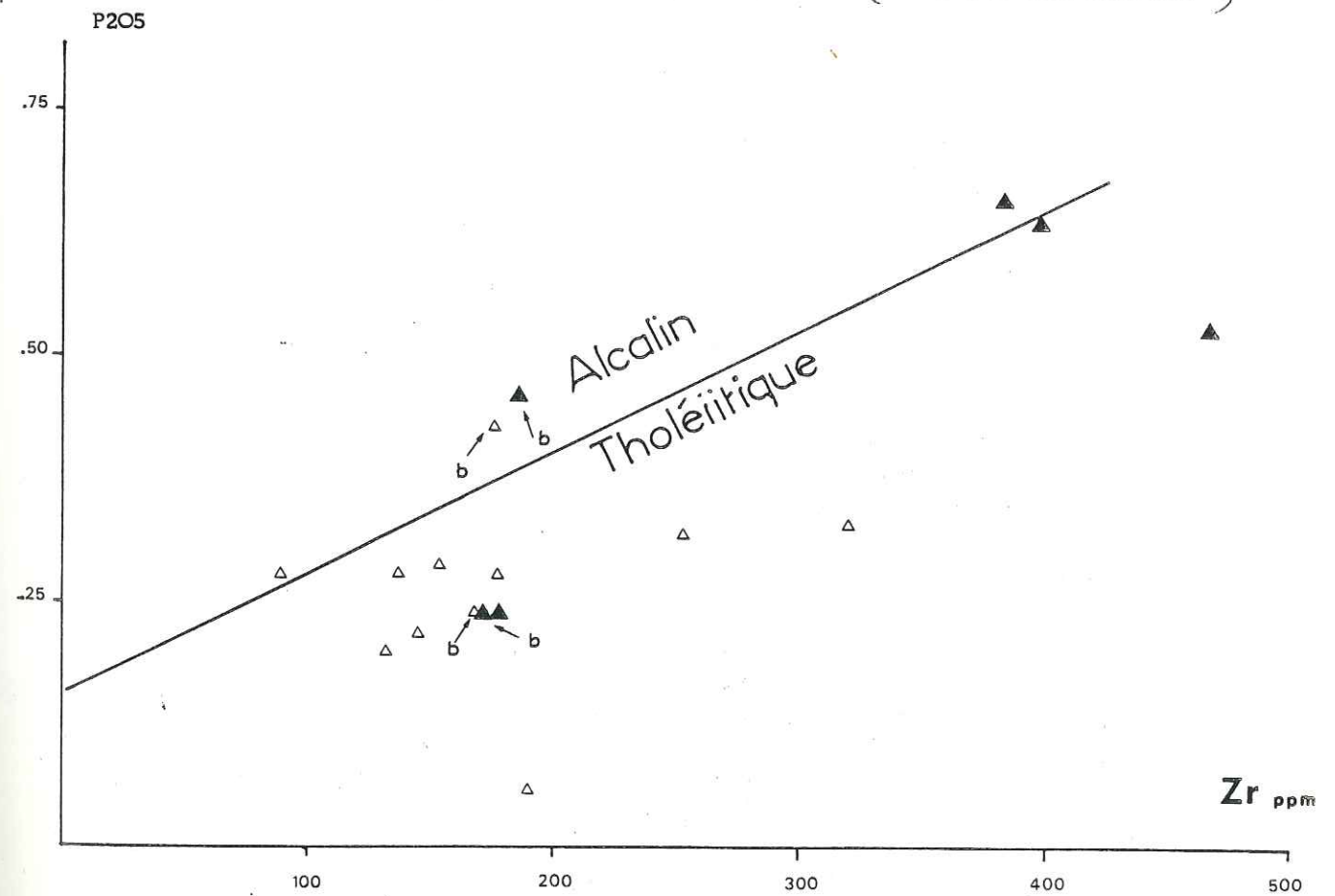


FIG 23 - Diagramme P / Zr (Floyd et Winchester 1975). même légende que la fig. 18 .

Dans le cas présent, la proximité du socle précambrien, pourrait apporter un élément dans ce sens. Toutefois, compte tenu du contexte sédimentaire continental lacustre, il est possible d'envisager l'existence de petits bassins évaporitiques de même type que ceux observés au sommet de la série fini-triasique (SALVAN, 1974; MICHARD, 1976). Une contamination par circulation d'eau dans des fissures en système distensif, pourrait alors être évoqué.

II.6.3- VARIATION DES ELEMENTS EN TRACES

Un groupe de 5 traces a été utilisé pour caractériser l'ensemble du volcanisme permien (Ba, Nb, Zr, Y, Rb). Ces éléments, conformément à leur caractère incompatible, montrent une corrélation négative avec l'indice de différenciation et signalent leur enrichissement dans les faciès les plus différenciés (fig. 20).

A travers l'étude des traces, les deux lignées évoquées à propos de la variation du sodium et du potassium ont pu être précisées (fig. 21).

II.6.3.a- Le baryum

La variation du baryum se traduit par une concentration dans les faciès les plus différenciés, en particulier pour les laves d'Aguergour. Le baryum se fixe surtout dans les feldspaths potassiques (fig. 18). Une corrélation positive entre K et Ba peut-être mise en évidence (fig. 18, 21).

II.6.3.b- Le niobium

Il semble montrer un enrichissement plus marqué pour les faciès différenciés d'Aguergour que pour ceux d'Annarrar, en individualisant deux tendances (fig. 20). Son rattachement aux feldspaths potassiques serait peut-être à l'origine de cette observation (fig. 18 et 21).

II.6.3.c- Le zirconium

Il correspond à une évolution similaire au niobium (fig. 20) et en distinguant deux lignées.

II.6.3.d- L'yttrium

Il montre une légère corrélation négative avec l'indice de différenciation. Toutefois, il ne permet pas de distinguer deux lignées.

II.6.3.e- Le rubidium

Une évolution identique à celle observée pour les éléments précédents a été mise en évidence pour le rubidium.

Son enrichissement pour les faciès très différenciés, traduit son incompatibilité vis-à-vis des groupements cristallins. Toutefois, une corrélation positive entre K et Rb (fig. 28), caractérisée par un rapport K/Rb constant, a été observée (fig. 18). Une corrélation positive entre K/Rb et Na pourrait témoigner du caractère tardif de la spilitisation.

En résumé, Y, Nb, Zr, montrent une évolution parallèle dans les deux secteurs avec un enrichissement dans les faciès les plus différenciés. Ba et Rb montrent en fait une évolution légèrement différente. On observe un enrichissement dans les faciès les plus différenciés à Aguergour, mais aucune variation à Annarrar.

II.6.4- LA NATURE DU VOLCANISME PERMIEN DANS LE HAUT ATLAS DE MARRAKECH

L'utilisation de diagrammes discriminants a permis de montrer l'affinité tholéiitique du volcanisme permien.

II.6.4.a- Diagramme alcalins/ SiO₂ (KUNO, 1968) (fig. 108)

Dans ce diagramme, les laves permienes se placent dans le champ des basaltes alcalins. Toutefois, un tel diagramme ne permet pas de distinguer un basalte alcalin d'un basalte tholéiitique enrichi en alcalins. C'est pourquoi on se gardera bien de tirer des conclusions à partir de ce dernier.

II.6.4.b- Diagramme A.F.M. (MAC DONALD et KATSURA, 1964) (fig. 107)

La répartition des laves dans ce diagramme laisse penser à une affinité alcaline. Toutefois, quelques échantillons se plaçant sur le champ des tholéiites, suggèrent une affinité pour ces dernières.

Un tel diagramme, au même titre que le diagramme alcalins/silice, ne permet pas de distinguer un basalte à caractère alcalin originel d'un basalte tholéiitique enrichi en alcalins.

Discussion

L'ensemble des diagrammes ne faisant intervenir que les éléments majeurs ne permet pas, par des contradictions évidentes, de trancher de manière catégorique sur la nature de ce volcanisme. Il s'avère donc utile de faire intervenir des éléments en traces.

II.6.4.c- Diagramme P %/Zr ppm (FLOYD et WINCHESTER, 1975) (fig. 23)

Ce diagramme permet, en comparant le zirconium à un élément majeur peu mobile (P₂O₅) au cours de la différenciation, de distinguer une lignée alcaline d'une lignée tholéiitique. L'ensemble des échantillons se place à la limite entre le domaine alcalin et le domaine tholéiitique avec toutefois une nette affinité pour le domaine tholéiitique. Ce dernier regroupe en particulier les faciès de base des coulées d'Annarrar et d'Aguergour.

II.6.4.d- Diagramme Ti % / Zr ppm (FLOYD et WINCHESTER, 1975) (fig. 22)

L'ensemble des échantillons d'Annarrar se place dans le champ des tholéiites. Les échantillons d'Aguergour se disposent de part et d'autre de la limite Thol/Alc définie par FLOYD et WINCHESTER (1975). On constate à nouveau que les faciès de base de ces formations se situent dans le champ des tholéiites.

II.6.4.e- Diagramme Ti %/Zr/P (FLOYD et WINCHESTER, 1975) (fig. 24)

L'ensemble des laves se trouve à la limite du domaine des basaltes alcalins et des tholéiites avec une nette tendance vers celui des tholéiites.

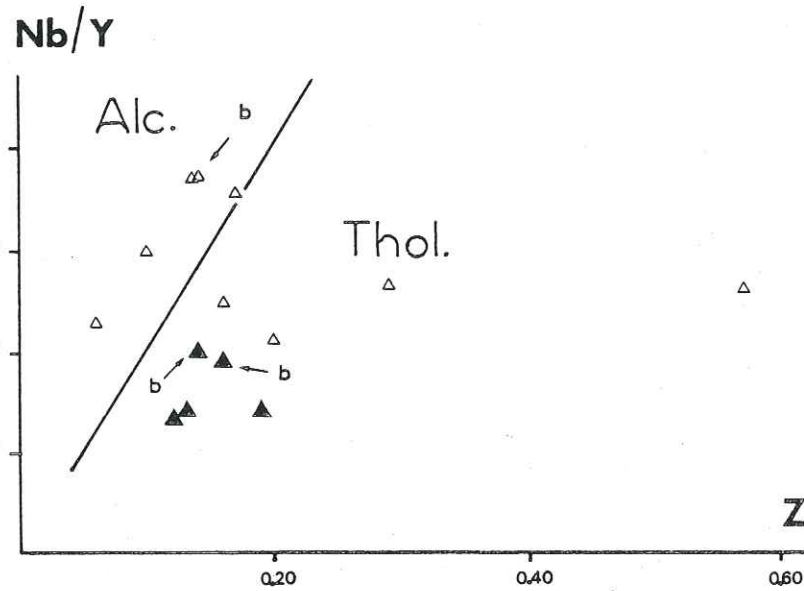


FIG 24 - Diagramme Nb/Y / Zr/P (Floyd et Winchester 1975).
même légende que la fig.

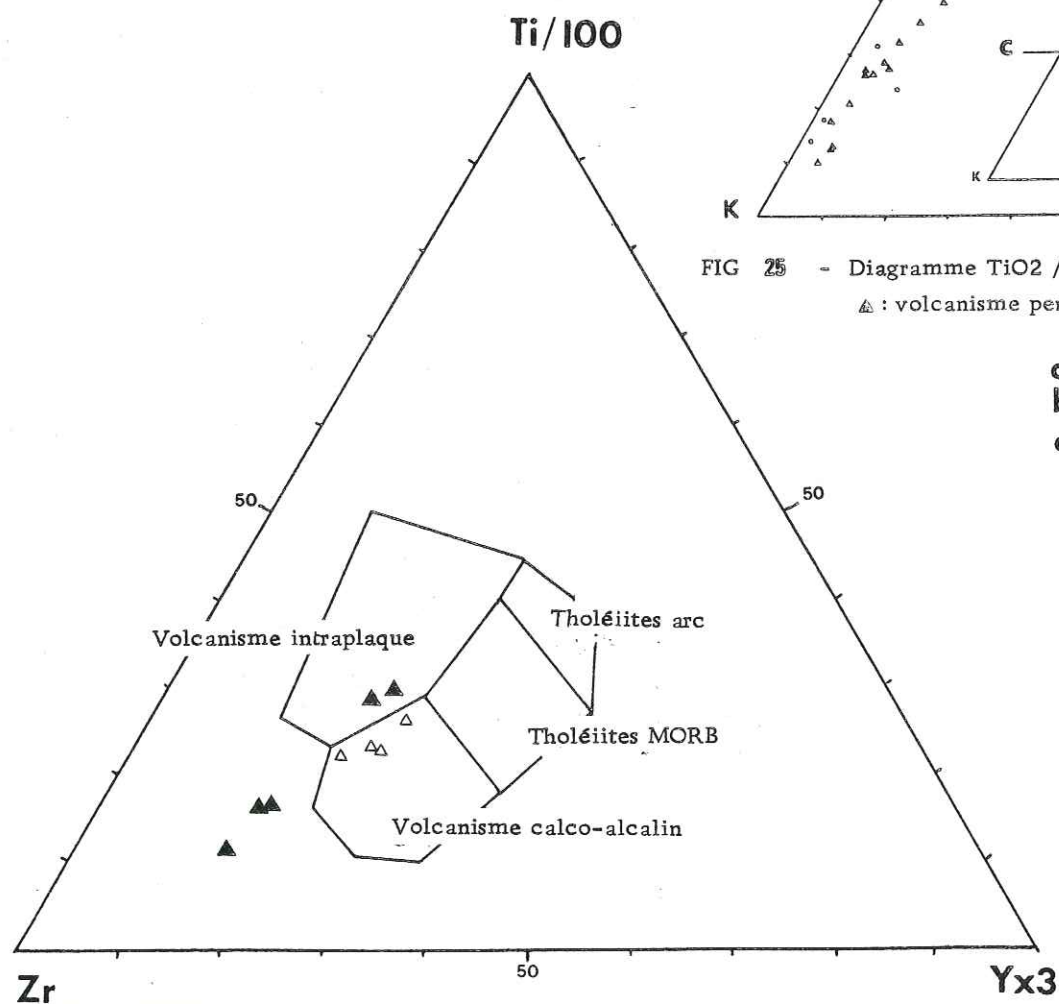


FIG 26 - Diagramme Ti/100 / Zr / Yx3 . (Pearce et Cann 1973).
même légende que la fig.

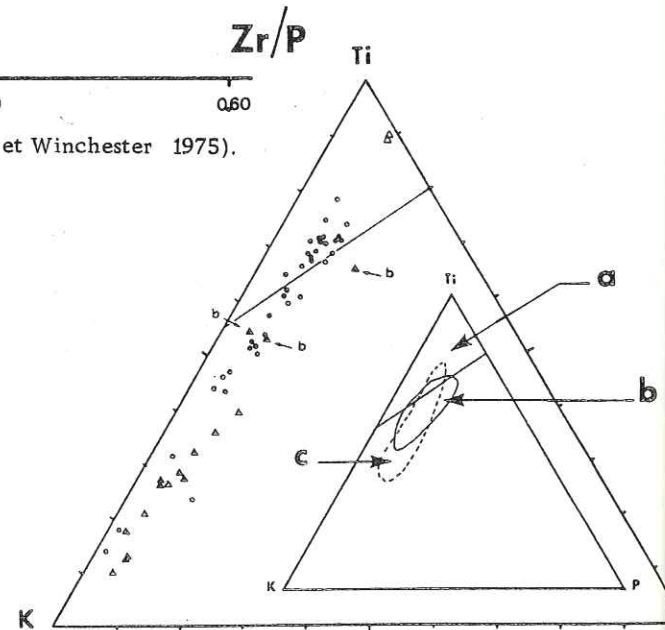


FIG 25 - Diagramme TiO2 / K2O / P2O5 (Pearce et al., 1975)
△ : volcanisme permien ; ○ : volcanisme fini-tri

- a. Tholéiites abyssales
- b. Columbia River
- c. Karoo Nord

II.6.4.f-Diagramme Nb/Y / Zr/P (Floyd et Winchester 1975) (fig.24)

Il montre que l'ensemble des laves se trouve à la limite entre les domaines des basaltes alcalins et des basaltes tholéiitiques, avec une tendance, peut-être moins marquée que pour Ti/Zr/P, vers le domaine des tholéiites.

Toutefois, les coulées supérieures d'Aguer gour, avec des pourcentages de K2O pouvant atteindre 10%, se placent aussi dans le domaine des tholéiites. Une telle observation suggère l'enrichissement tardif en K2O.

Discussion

Il apparaît possible, à travers l'étude des diagrammes discriminants, d'admettre l'affinité tholéiitique du volcanisme permien.

Si la tendance tholéiitique reste évidente, il serait abusif de vouloir immédiatement en tirer des conclusions d'ordre géodynamique, sans envisager s'il s'agit de tholéiites à tendance continentale ou de tholéiites à tendance océanique.

II.6.4.g- Diagramme TiO2/K2O/P2O5 (PEARCE et al., 1975) (fig.25)

La fonction discriminante de TiO₂, K, P₂O₅ (PEARCE, 1975), montre que l'ensemble des laves permiennes se place dans le champ des tholéiites continentales, avec une tendance particulièrement bien marquée pour les faciès de base de coulée. Ces derniers montrent de grandes similitudes avec le domaine Karoo N.

II.6.4.h- Diagramme Ti/100. Zr. Y x 3 (PEARCE et CANN, 1973) (fig.26)

Les roches se placent dans le domaine des basaltes intraplaque.

Ainsi, par cette tendance tholéiitique, le volcanisme permien de l'Atlas de Marrakech, pourrait s'apparenter au volcanisme fini-triasique, et il serait alors possible dans cette éventualité de le considérer comme un signe précurseur du phénomène de rifting de l'Atlantique, attribué à l'époque fini-triasique. Afin d'intégrer ce volcanisme dans le cadre général de l'ouverture de l'Atlantique, l'origine magmatique, en rapport avec l'environnement géodynamique, ne sera abordée qu'au chapitre V, en comparaison avec le volcanisme fini-triasique.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GLOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

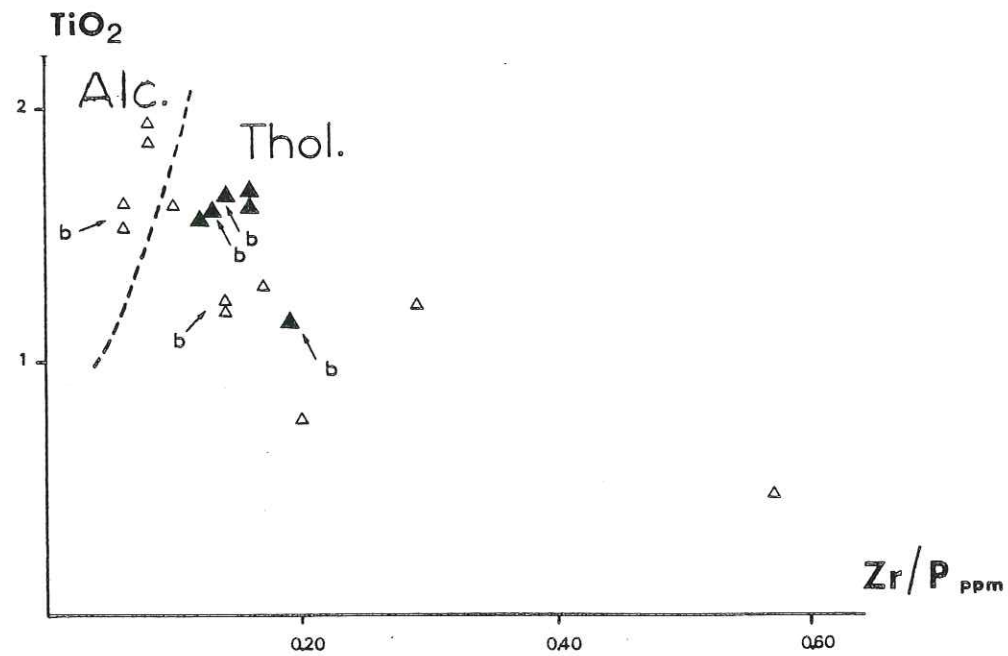


FIG 27 - Diagramme TiO₂/Zr/P (Floyd et Winchester 1975).
même légende que la fig. 18 .

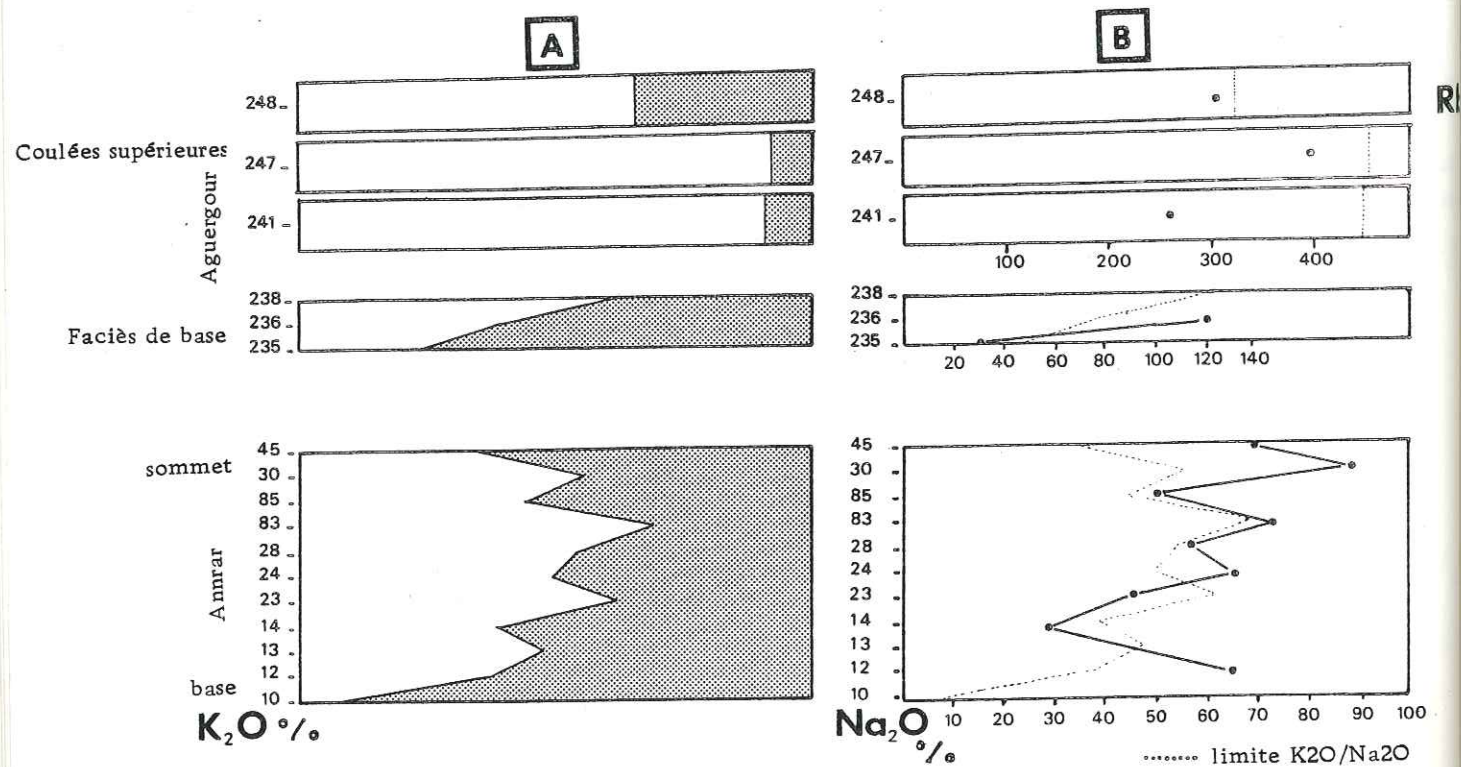


FIG 28 - A: Variation des teneurs en K₂O et Na₂O au sein des coulées d'Annrar et d'Aguergour.
B: Variation des teneurs en Rb au sein des coulées d'Annrar et d'Aguergour.

CHAPITRE II - TROISIÈME PARTIE

" PHENOMENES DE SPILITISATION "

3° PARTIE: LES PHENOMENES DE SPILITISATION..... 43

II-7 LES PHENOMENES DE SPILITISATION 45

II-7-1 Le volcanisme spilitisé de l'Atlas dans le contexte gé-
ral du volcanisme spilitisé.....45

II-7-2 Processus de spilitisation.....46

II-7-2-a- Observations.....46

II-7-2-b- Interprétation.....48

II - 7 - LE PHENOMENE DE SPILITISATION

II-7-1- Le volcanisme spilitisé de l'Atlas dans le contexte général du volcanisme spilitisé

Vis-à-vis du problème général des spilites, le gisement observé dans la vallée de l'Ourika, comme celui observé dans le secteur d'Aguergour (NW du plateau du Kik), présente un intérêt tout particulier qui résulte de la situation suivante.

Classiquement, et comme cela a été rappelé récemment (AMSTUTZ, 1974; ROCCI, 1978), on admet actuellement trois grands groupes d'hypothèses pour rendre compte de la genèse des spilites.

Selon certains auteurs, le faciès spilitique s'acquiert secondairement par intervention d'un métamorphisme régional sur des laves initialement épanchées à l'état de basaltes.

Selon d'autres auteurs, au contraire, le caractère spilitique est déjà acquis au moment de l'épanchement et le problème de son origine se trouve ainsi rapporté au stade magmatique du volcanisme.

Pour d'autres enfin, le caractère spilitique est bien secondaire, mais intervient aussitôt après l'épanchement des laves et plus précisément lorsque des basaltes, associés à une dorsale océanique d'expansion lente, se trouvent mis en contact avec l'eau de mer. Il s'agit donc là d'un véritable métamorphisme de type fond océanique. Cette dernière hypothèse, par rapport aux précédentes, est d'inspiration beaucoup plus récente.

Sans doute est-ce pour cette raison qu'elle tend souvent à prendre le pas sur les deux autres au point que l'on est parfois tenté de voir en elle une sorte de compromis qui résoudrait de façon convenable et définitive le problème des spilites.

L'exemple des spilites de l'Atlas de Marrakech permet d'écarter immédiatement l'hypothèse de l'effet d'un métamorphisme régional, aucun indice de métamorphisme tardif n'étant observé dans la série détritique environnante. Certes, l'exemple européen des spilites de la zone externe alpine peut inciter à être prudent sur ce point dans la mesure où leur contexte sédimentaire a finalement été reconnu comme très légèrement métamorphisé, après avoir été longtemps considéré comme indemne de tout métamorphisme.

Mais le cas de l'Atlas et celui des Alpes sont bien différents puisque, au Maroc, l'onde orogénique s'est déplacée du Sud au Nord au cours des âges de telle façon que le métamorphisme a surtout affecté l'Anti-Atlas à l'Antécambrien, le massif des Jebilet aux temps hercyniens et la région du Rif aux temps alpins. La situation n'est donc pas comparable à celle de la chaîne des Alpes où la distance géographique est actuellement beaucoup plus faible entre la zone qui montre un métamorphisme d'âge hercynien, et celle qui montre un intense métamorphisme d'âge alpin.

La probabilité de découvrir des indices de métamorphisme dans les séries post hercyniennes de l'Atlas reste donc minime, et de ce fait l'hypothèse d'une origine magmatique reste encore en concurrence avec celle d'un métamorphisme de fond océanique.

A ce propos, les spilites de l'Atlas, aussi bien dans la vallée de l'Ourika qu'au NW du Plateau du Kik, affleurent sous la forme de coulées intercalées entre deux niveaux de conglomérats. Du point de vue sédimentologique, les auteurs s'accordent actuellement pour attribuer à ces conglomérats un caractère continental à subdeltaïque, et étendent même ce caractère à toute la série gréseuse qui vient au-dessus (VAN HOUTEN, 1976; MATTIS, 1977; BIRON, 1982).

L'hypothèse d'une spilitisation sous l'action d'un métamorphisme de fond océanique est donc inadéquate à ce contexte.

Si ces trois hypothèses présentent un schéma cohérent résumant les différents processus de spilitisation, il n'en reste pas moins qu'elles souffrent un certain nombre d'exceptions qui constituent en fait, pour chaque cas particulier, la clef de voûte du raisonnement.

Si, dans le cas présent, il est effectivement possible d'éliminer l'effet d'un métamorphisme régional et celui d'un métamorphisme de type fond océanique, il n'en reste pas moins que si l'éventualité d'une spilitisation primaire est évidente, elle a besoin d'être définie et précisée dans toutes ses acceptions.

C'est pourquoi le paragraphe suivant abordera les différents processus susceptibles d'être intervenus et à des titres divers, dans le phénomène de spilitisation, en se référant au dynamisme et au contexte de mise en place du volcanisme.

II-7-2- Processus de spilitisation

Avant d'aborder l'étude des processus de spilitisation, je résumerai un certain nombre d'observations qui confirment le caractère précoce de la spilitisation et qui définissent l'orientation des hypothèses.

II-7-2.a - Les observations

- Un des caractères essentiels me semble le fait que la série n'est pas globalement spilitisée, mais que seuls le sont les horizons supérieurs de chaque épanchement. Certaines coulées du volcanisme permien ne sont pas du tout spilitisées (Aguergour).

- Au sein de chaque coulée, on passe progressivement, de la base au sommet, d'une lave de type basaltique à structure intersertale subophitique à une lave entièrement spilitisée à structure microlitique porphyrique.

L'étude minéralogique montre l'existence de deux types de plagioclases

- Des microphénocristaux de labrador dans les faciès de base de coulée.
- Des microphénocristaux souvent altérés, montrant des plages d'orthose de calcite et de chlorite baignant dans une trame microlitique albitique, dans les sommets de coulée

Aucun pyroxène n'a été observé à Annrar, alors que le faciès de base d'Aguergour montre une structure subophitique caractéristique où des pyroxènes cristallisent entre de grandes lattes de labrador.

- Dans les coulées spilitisées, une phase hydrocarbonatée migre vers les sommets de coulée et confère à la lave un aspect amygdalaire.

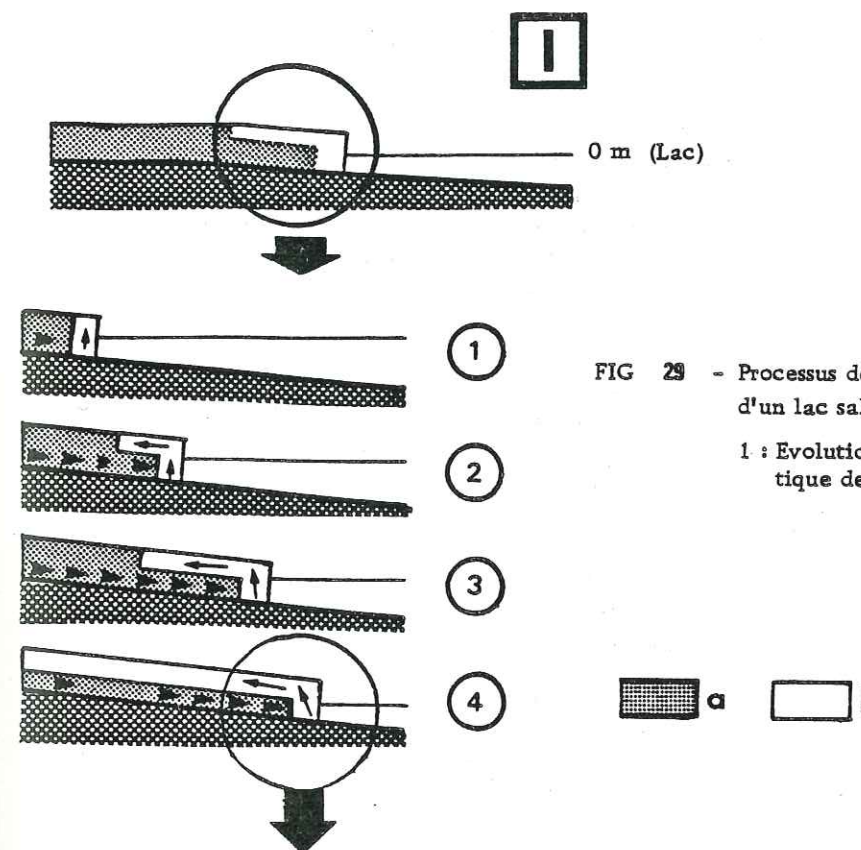


FIG 29 - Processus de spilitisation par vaporisation de l'eau d'un lac salé, au moment de l'épanchement.

1 : Evolution du processus, 2 : Représentation schématique de la zone de réaction.

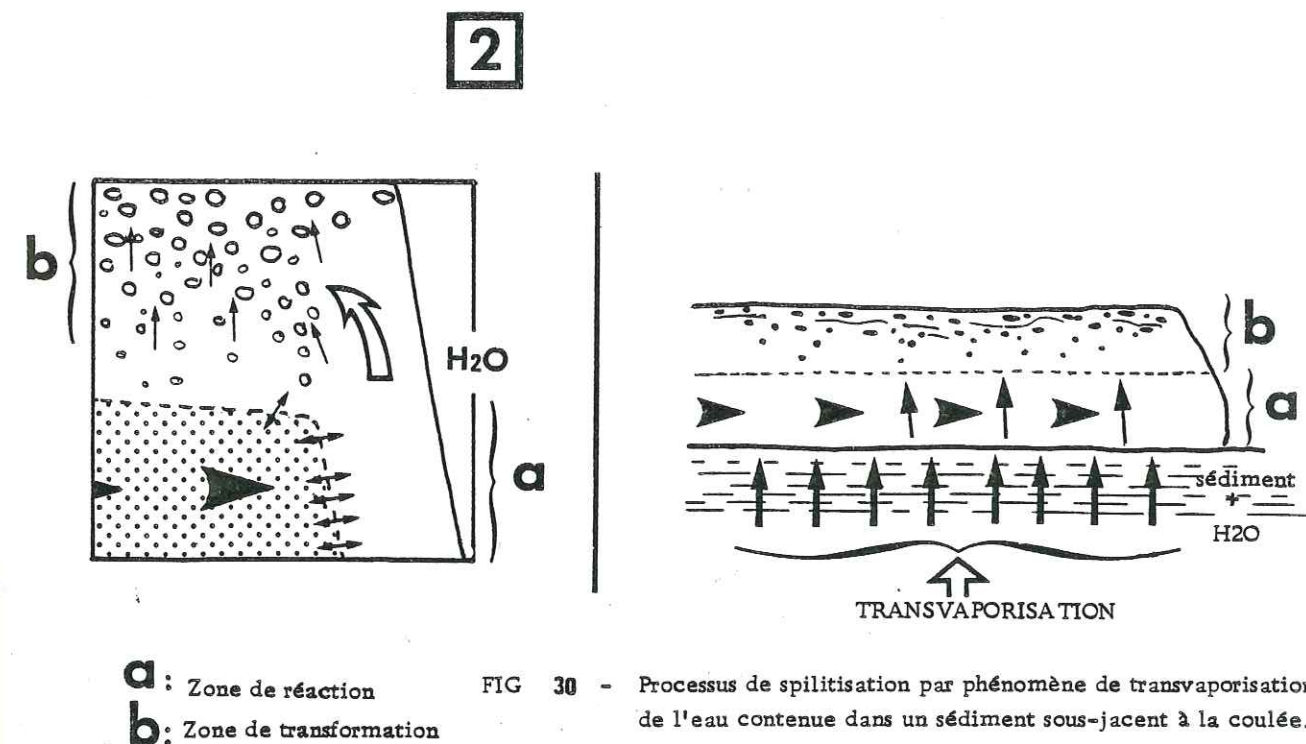


FIG 30 - Processus de spilitisation par phénomène de transvaporisation de l'eau contenue dans un sédiment sous-jacent à la coulée.

a : Zone de réaction
b : Zone de transformation

II-7-2.b - *Interprétation*

L'observation (3) semble montrer que l'on a une évolution continue depuis un faciès de base jusqu'au faciès spilitisé. Ceci laisse donc envisager le processus de spilitisation comme contemporain ou légèrement tardif par rapport à la mise en place. Mais, dans cette optique, l'observation précise l'orientation en interdisant d'envisager la cristallisation directe d'un magma de composition spilitique.

Contrairement aux interprétations de JUTEAU et al. (1974) qui considéraient la calcitisation et parfois la potassification comme des phénomènes secondaires n'intervenant pas lors de la spilitisation, à cause de textures primaires observées, je pense que, dans le cas présent, ces deux phénomènes ne sont pas dissociables.

Il semble que la spilitisation se manifeste par l'évolution depuis une paragenèse primaire de type basaltique (structure subophitique) vers une paragenèse à caractère spilitique montrant la coexistence de labradors, plus ou moins calcitisés et chloritisés, avec des microlites de composition albitique. Cette évolution semble être accompagnée par la phase fluide "hydrothermale" de nature carbonatée.

La présence de reliques d'olivine particulièrement abondantes et pseudomorphosées par de la calcite, comme on peut les observer dans les spilites alpinotypes du Taurus (JUTEAU, 1975) et de Chypre (LAPIERRE, 1972), montre que le magma basaltique a subi une ascension rapide sans concentration gravitaire préliminaire.

Cette observation semble pouvoir écarter l'idée de réservoirs magmatiques superficiels et interdit donc l'assimilation de fluides circulant en profondeur par le biais de fractures distensives.

L'interprétation doit donc être orientée vers l'hypothèse d'un magma basaltique normal transformé au moment de son épanchement. Il est classiquement reconnu que la présence d'eau et de CO₂ joue un rôle important dans la formation de paragenèses spilitiques en abaissant la température du magma. Selon cette base de discussion, le problème du contexte de mise en place doit être abordé.

Les auteurs (MATTIS, 1975 et BIRON 1982) s'accordent sur le caractère continental à subdeltaïque de la sédimentation permienne. Dans un tel schéma, il est possible d'envisager l'existence de lacs dans lesquels les concentrations en NaCl de l'eau sont particulièrement élevées. Les travaux expérimentaux d'ORVILLE (1962) ont montré par ailleurs qu'il suffirait d'un rapport Na/K = 0,15 pour provoquer une albitisation. L'eau de mer a un rapport Na/K = 0,22 et autoriserait donc un tel processus. Si un processus d'albitisation est en effet possible, on constate que seulement 1 % du volume initial serait transformé dans le cas d'une concentration normale en sodium.

L'existence de lacs salés pourrait être possible dans le contexte sédimentologique (milieu franchement continental) et climatologique (tropical du Permien (BIRON op. cit.)).

Une coulée qui s'épanche dans un tel contexte sédimentaire, amène à envisager deux possibilités pour l'assimilation d'une phase fluide d'origine superficielle.

- La coulée provoquerait à son front une vaporisation de l'eau de la lagune. Il se peut alors qu'une partie de la vapeur soit incorporée dans la lave très chaude et très fluide. Latéralement aux coulées, des niveaux calcaires montrant de fins horizons de cendres granoclassées et de blocs projetés plus ou moins spilitisés, signifieraient le caractère explosif qu'impliquerait un tel phénomène. Le mélange vapeur - lave ainsi formé, moins dense que la lave initiale non contaminée, aura tendance à migrer vers le sommet de la coulée (fig. 29), alors que le processus d'épanchement se déroule toujours. Un tel phénomène permettrait d'expliquer l'existence d'un basalte sain, non spilitisé à la base, passant progressivement à des faciès spilitisés. Toutefois, le passage progressif observé ne reste envisageable dans le cas présent, que dans la mesure où l'on suppose une ségrégation de la phase fluide carbonatée avec des faciès enrichis dans la partie sommitale de la coulée (fig. 29).

- Vis-à-vis de cette dernière restriction, un autre phénomène d'assimilation de la phase fluide peut être envisagé.

Il est possible d'admettre que l'eau est assimilée par la lave au cours d'un phénomène de transvaporisation de l'eau contenue dans les sédiments au moment de l'épanchement.

La phase fluide ainsi piégée peut alors migrer per ascensum à travers la coulée. Ce processus se réaliserait assez rapidement, des différences de densité existant entre la lave et la phase fluide. Il aurait pour résultats

- une circulation rapide dans la partie inférieure de la coulée, sans transformations notables;

- un piégeage de la phase fluide en sommet de coulée sous une croûte formée par le refroidissement de la partie supérieure de celle-ci.

La présence de faciès bulleux observés en surface de certaines coulées correspondrait à des faciès scoriacés et confirmerait l'existence de cette croûte de refroidissement. Un tel phénomène permettrait d'expliquer l'existence de faciès sains à la base, localement parcourus par des filons de calcite, passant progressivement au sommet à des faciès enrichis en vacuoles et spilitisés.

Dans un cas comme dans l'autre, la spilitisation de ce volcanisme résulterait donc d'un processus hydrothermal précoce par assimilation d'eau au moment de l'épanchement, et consisterait donc en un échange ionique Na/Ca. Le sodium concentré dans la phase fluide se substituerait au calcium de la phase silicatée (lave s. str.) (altération des plagioclases et des pyroxènes s'ils existent) pour donner de l'albite et individualiser une phase carbonatée dont les vacuoles de calcite sont aujourd'hui les témoins.

Dans cette optique, les travaux d'ADLINE et de BUFFET (1982) qui envisageaient une origine profonde des carbonates (analyses isotopiques) pourraient trouver ici une explication sans pour autant envisager un processus de démixtion

Une étude à la microsonde (CAMEBAX), sur des pyroxènes et des plagioclases de la série fini-triasique, à proximité d'une vacuole, apporte quelques précisions sur les échanges ioniques qui peuvent se produire entre la phase fluide et la phase silicatée. Cette étude est développée (p.149), mais j'en résumerai dès à présent les principaux résultats qui

peuvent aider à la compréhension du phénomène de spilitisation.

Une transversale a été effectuée au sein d'une phase finement cristallisée associée à une vacuole de silice et de carbonates. Des analyses ponctuelles ont montré un enrichissement en sodium simultanément au sein des pyroxènes et des plagioclases à mesure que l'on se rapproche de la vacuole (fig. 93).

Cet enrichissement simultané témoignerait d'un échange entre la phase hydrothermale riche en sodium et la lave s. str.

Un tel phénomène pourrait être évoqué pour la spilitisation des laves permienes en supposant peut-être, par la présence de lagunes sursalées, un liquide "hydrothermal" plus riche en sodium.

En conclusion

La spilitisation résulterait ici d'un processus hydrothermal précoce par assimilation d'une phase fluide superficielle riche en NaCl (eau d'un lac sursalé ou de sédiments gorgés d'eau) au moment de l'épanchement. Une vaporisation de cette phase fluide lui permettrait de migrer rapidement au sommet des coulées où elle resterait intimement liée à la lave. Un échange ionique en Na/Ca se produirait alors; le sodium concentré du fluide hydrothermal se substituerait au calcium des plagioclases pour donner de l'albite et une phase carbonatée résiduelle qui apparaît actuellement sous forme de vacuoles de calcite.

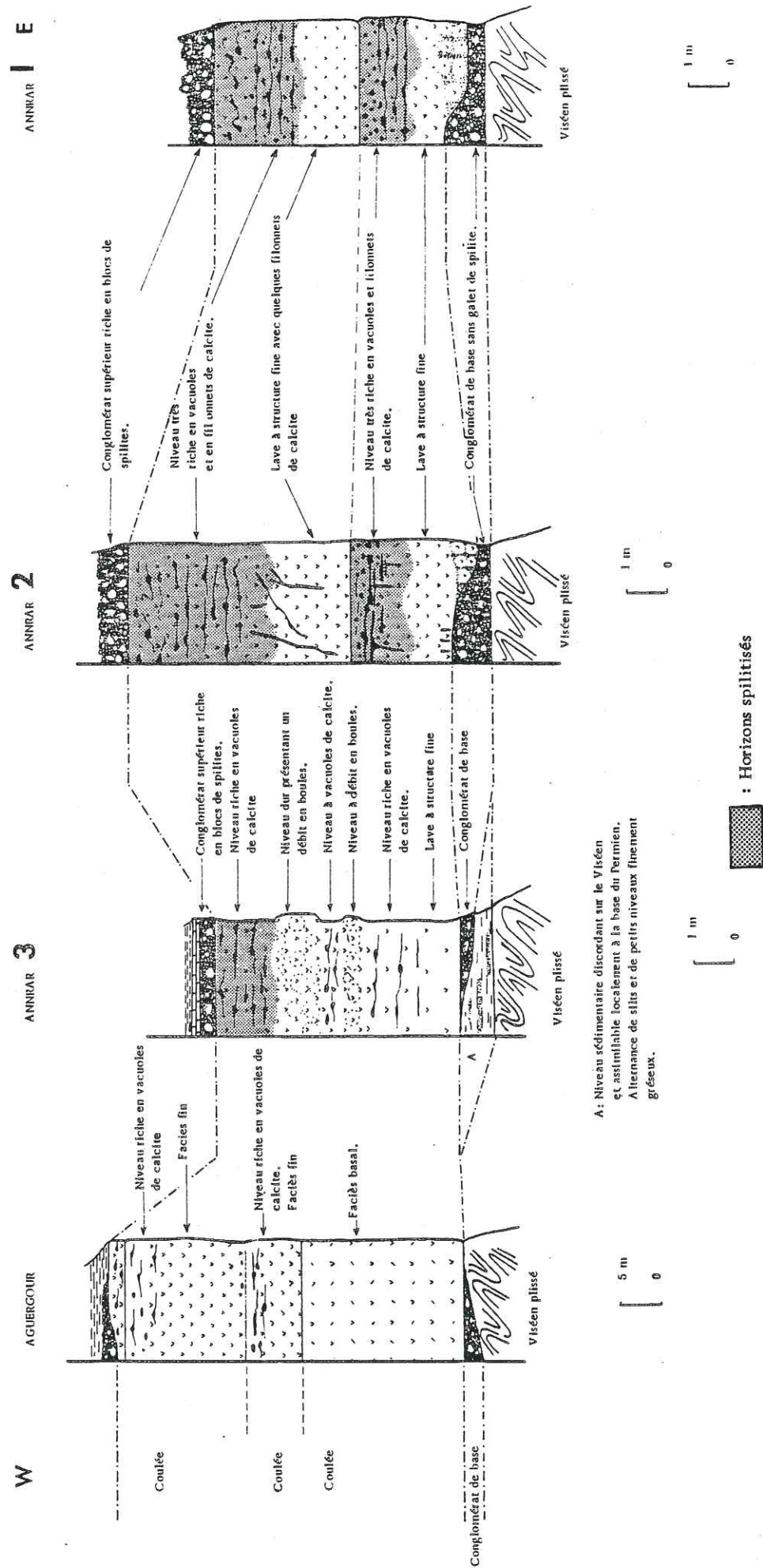
CHAPITRE II - QUATRIÈME PARTIE

" CONCLUSIONS "

4° PARTIE: CONCLUSIONS.....	51
II-8 CONCLUSIONS SUR LE VOLCANISME PERMIEN.....	53

FIG 31

DIFFÉRENTES COUPES DU VOLCANISME PERMIEN DANS LE HAUT ATLAS DE MARRAKECH
ESSAI DE CORRELATION



II.8- CONCLUSIONS SUR LE VOLCANISME

Des analogies entre ces deux secteurs ont été observées. (fig.31)

• Contexte de mise en place

Le volcanisme d'Annrar aussi bien que celui d'Aguergour sont intercalés entre deux horizons conglomératiques attribués à la base du Permien (BIRON, 1982).

• Les faciès

Des analogies de faciès entre les bases de coulées à Annrar et le faciès de base d'Aguergour sont grandes.

• La présence d'orthose

Le sommet de chaque coulée d'Annrar, ainsi que celui du faciès de base d'Aguergour montrent un enrichissement sensible en potassium qui se traduit par l'apparition d'orthose.

Les coulées supérieures d'Aguergour sont hyperpotassiques avec des teneurs de 9% d'orthose.

Toutefois des différences séparent ces deux affleurements.

• Position dans le bassin permien et triasique

La série permienne et triasique d'Aguergour (300 m) est réduite par rapport à celle de la vallée de l'Ourika (900 m) (BIRON, 1982) et confère à ce secteur un caractère de bord de bassin (annexe n° 1)

• Spilitisation et caractère hyperpotassique

Seuls les sommets de coulée de la coupe d'Annrar sont spilitisés. A Aguer gour, aucune transformation de ce type n'a été observée.

Les analogies observées ainsi que ces deux dernières observations, laissent penser à une relation étroite entre le contexte de l'épanchement, le phénomène de spilitisation et le caractère hyperpotassique de certaines coulées. Nous avons vu que la spilitisation des coulées d'Annrar peut être expliquée comme un échange ionique de type Na-Ca au niveau des plagioclases par un piégeage d'eau de mer au moment de l'épanchement.

Le fait qu'à Aguer gour, les coulées ne sont pas spilitisées peut conduire à envisager l'épanchement dans un milieu moins riche en NaCl. La position en bord de bassin plaiderait en faveur de cette hypothèse et pourrait répondre, tout au moins localement, au caractère potassique des laves.

Un degré de sursalure plus élevé dans le secteur d'Annrar, irait en faveur du caractère peu potassique des laves et d'une albitisation poussée. Dans le secteur d'Aguergour où un milieu de dépôt plus continental est envisageable, le caractère hyperpotassique des laves n'est pas masqué par une spilitisation.

Si l'albitisation semble un phénomène contemporain de la mise en place, la présence de coulées entièrement potassiques pourrait correspondre à un processus de contamination plus profonde par circulation d'eau dans des fissures, en système distensif (TANE, 1967).

Il s'agirait alors d'un enrichissement potassique précoce à caractère hydrothermal de même type que celui invoqué par BUFFET (1981).

	VOLCANISME D'ANNRAR		VOLCANISME D'AGUERGOUR - FACIES DE BASE -			
	base	sommet	base	sommet	coulées supérieures	
CONTEXTE SEDIMENTAIRE	Position interne dans le bassin permien		Position de bordure dans le bassin permien (caractère continental)			
MINERALOGIE	Microphénocristaux	Labrador Olivine	Labrador Olivine	Labrador Olivine Augite	Labrador Augite	
	Microlites	Labrador Andesine	Orthose Albite Labrador altéré en orthose.		Orthose Olivine Magnétite	
	Mésostase	Chlorite	Chlorite Calcite	Chlorite Magnétite	Chlorite Hématite	Chlorite Hématite
	Phase carbonatée	Filonnets sécants	Vacuoles et filonnets	Filons sécants	Filons sécants	Vacuoles au sommet
GEOCHIMIE	Affinité tholéiitique	Affinité tholéiitique	Affinité tholéiitique	Affinité tholéiitique	Affinité tholéiitique	
POTASSIFICATION		Présente		Présente	Hypopotassique	
SPLITISATION		Présente				

FIG 32- Tableau comparatif entre le volcanisme permien d'Annrar et celui d'Aguer gour.

CHAPITRE III

LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE DANS LE HAUT ATLAS DE MARRAKECH

CHAPITRE III - LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE DANS LE HAUT-ATLAS DE MARRAKECH

III-1 LOCALISATION DES DIFFERENTES COUPES.....	57
III-2 ETUDE DES DIFFERENTES FORMATIONS: ESSAI DE CORRELATION.....	57
III-3 MISE EN PLACE DES VOLCANITES.....	60
III-3-1 Observations de terrain.....	60
III-3-2 Conclusions.....	61

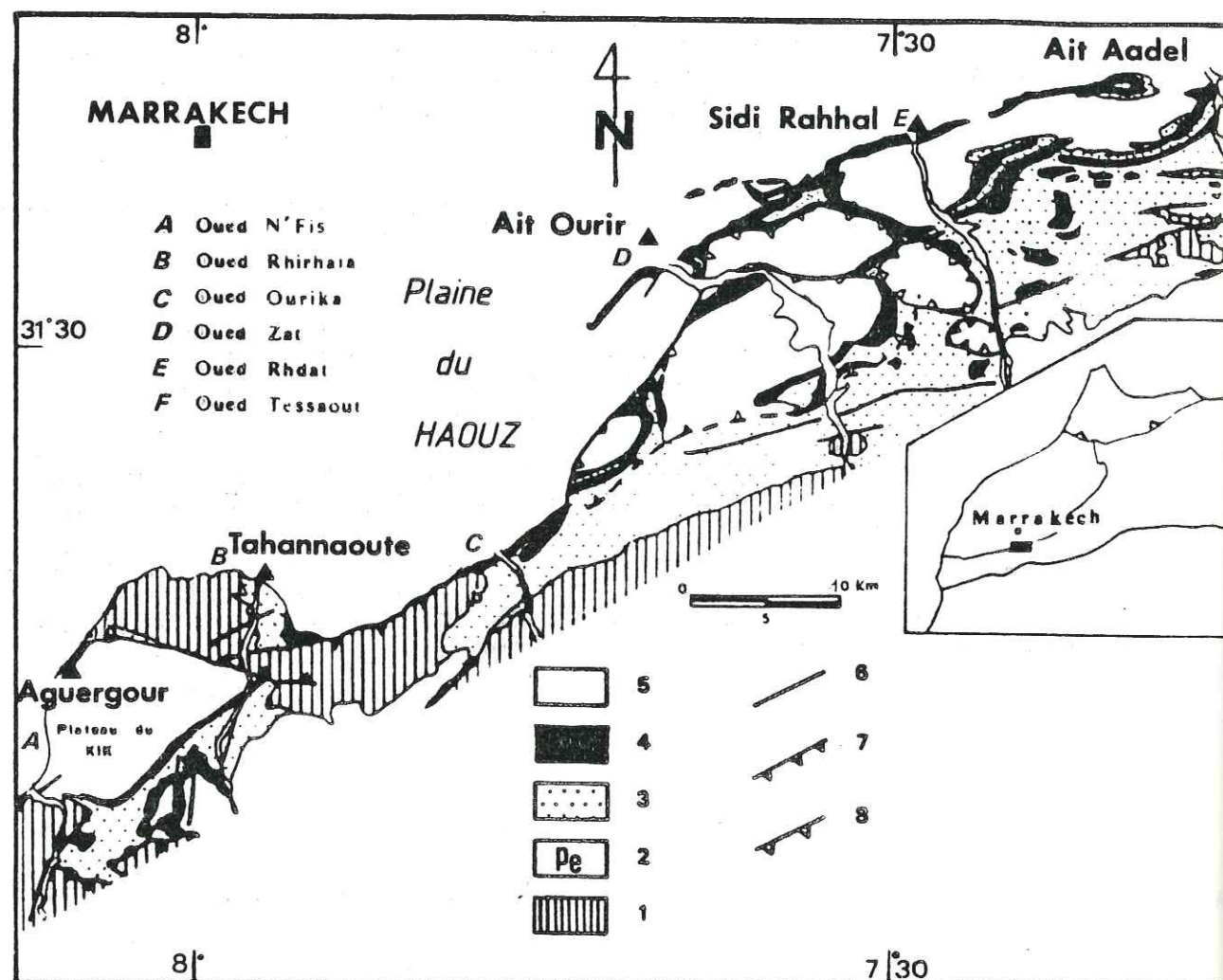


FIG 33 - Localisation des basaltes fini-triasiques dans le Haut Atlas de Marrakech .

- 1: Paléozoïque et Précambrien, 2: Volcanisme permien, 3: Permien et Trias, 4: Volcanisme fini-triasique, 5: Terrains post-triasiques, 6: Faille, 7: Faille inverse ou chevauchement, 8: Contact de base des unités décollées.

CHAPITRE III

VOLCANISME THOLEITIQUE FINI TRIASIQUE DANS LE HAUT ATLAS DE MARRAKECH

III.1- LOCALISATION DES DIFFERENTES COUPES (fig.33)

Le lever des coupes a été réalisé sur toute l'étendue du secteur dans le but d'établir, en intégrant le plus grand nombre de données, de bonnes corrélations latérales de manière à répondre de la façon la plus précise à des problèmes de mise en place. (Pl. 2 p 6)

Certaines coupes qui présentent des particularités, notamment celles qui se trouvent à proximité des centres d'éruption, font l'objet d'une étude détaillée.

D'autres levés présentent des particularités pétrographiques qu'il est possible de rattacher à des phénomènes de mise en place, mais qui, en raison même de leur originalité par rapport au reste de la série, font l'objet d'une description particulière.

En raison de l'altération de la série basaltique, des coupes complètes et interprétables ont rarement été observées. Les colonnes stratigraphiques présentées restent purement descriptives.

La multiplication des levés a été préférée à la présentation d'une colonne stratigraphique synthétique pour chaque secteur. Une telle démarche permet de tenir compte de la diversité et de la brutalité des variations latérales et verticales, et de montrer dans le détail l'augmentation des corrélations.

III.2- ETUDE DES DIFFERENTES FORMATIONS - ESSAI DE CORRELATION (Planche 3)

La mise en évidence dans la série volcanique fini-triasique de niveaux sédimentaires qui, jusqu'à présent, n'avaient pas tous été mentionnés, permet à travers l'étude de différentes coupes, de subdiviser la série en quatre formations définissant quatre épisodes volcaniques.

L'absence locale d'un ou plusieurs de ces épisodes est imputable à une paléotopographie assez accusée, héritage d'une tectonique triasique définissant des horsts et des grabens (BIRON, 1982; PETIT et al., 1982). Le volcanisme guidé par des accidents ayant contrôlé cette tectonique a été piégé dans certains secteurs, en particulier les dépressions.

LES DIFFERENTES FORMATIONS

• La Formation Inférieure

Elle est constituée par un ensemble de coulées de 5 à 15 m de puissance et son épaisseur totale est de l'ordre de 50 m, exceptionnellement 100 m au Col du Tizi Ouzla (fig. 38).

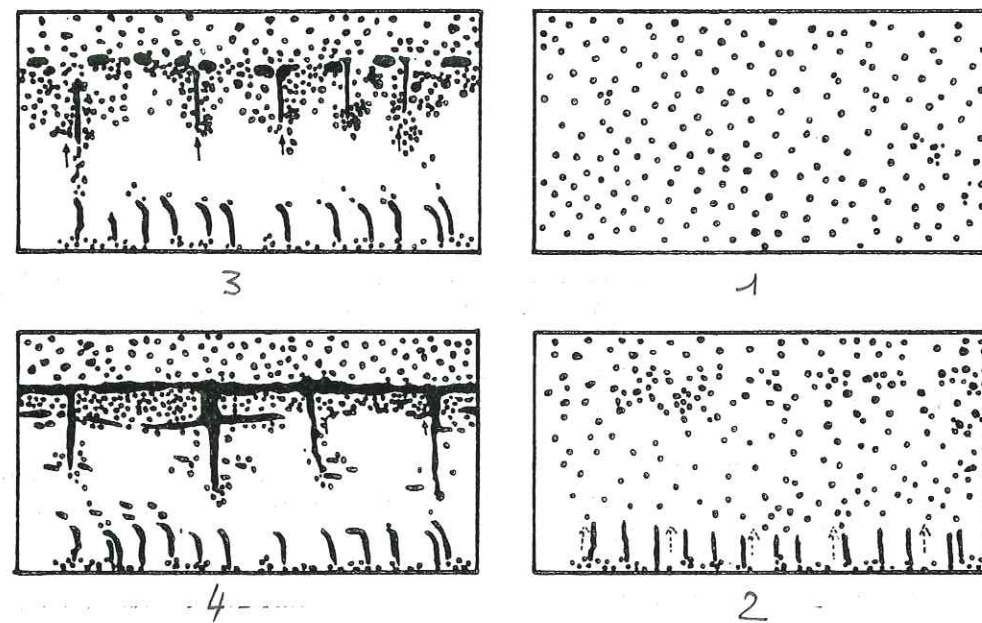


FIG 34 - ESSAI D'INTERPRETATION DE L'INDIVIDUALISATION DE LA PHASE SILICEUSE AU SEIN DE CHAQUE EPANCHEMENT.

- 1° - Au départ on est en présence d'un mélange entre une phase silicatée (lave s.str.) et une phase siliceuse. Ce mélange pouvant être primaire (origine magmatique) ou secondaire par assimilation d'eaux superficielles piégées dans des fissures et assimilées par la lave lors de son ascension ou incorporées par la coulée au moment de son épanchement.
- 2° - La base de la coulée se fige par un contact de paroi froide. On assiste au début de la migration et de la concentration des vacuoles vers le sommet de la coulée.
- 3° - Les vacuoles de base de coulée s'allongent et leurs extrémités prennent l'empreinte du sens de l'épanchement. Le sommet de la coulée est figé et sous cette croûte se concentre la silice. On assiste à la coalescence des vacuoles. Des mouvements internes de la coulée au cours de sa mise en place, provoquent l'apparition de filons de silice verticaux.
- 4° - La coulée est pratiquement toute figée. La silice termine sa migration gravitaire et les filons verticaux observés en 3° se placent à l'horizontale sous la surface refroidie. La partie centrale de la coulée est encore légèrement en mouvement ce qui provoque l'allongement de certaines vacuoles qui prennent ainsi l'empreinte du sens de l'écoulement.

+ (annexe n° 4)

Il s'agit d'une formation très souvent altérée et la distinction entre les différentes coulées a pu être établie grâce aux sommets de coulées silicifiées, vacuolaires, qui ressortent comme des échantillons dans la topographie. Les bases de coulées présentent un faciès d'aspect pulvérulent, sorte "d'arène basaltique" verte.

• La Formation Intermédiaire

Séparée de la précédente par un niveau sédimentaire argileux rouge (0,40 m de puissance), elle débute systématiquement par une coulée mise en place dans une faible tranche d'eau, comme en témoigne une base avec des pillow-lavas passant progressivement et en continuité à un sommet prismé. L'épaisseur totale de cette première coulée est de 10 m environ.

Celle-ci est immédiatement suivie par l'épanchement de quelques coulées peu épaisses (3 à 5 m) sur 15 m de puissance.

Reposant en concordance sur ce premier ensemble, apparaît une coulée prismée de 5 à 8 m de puissance, souvent démantelée, et elle-même recouverte par des coulées peu épaisses sur 10 à 20 m de puissance.

• La Formation Supérieure

Elle est séparée de la précédente par un épisode sédimentaire lacustre correspondant au dépôt de 1 à 2,5 m de sédiments argilo-gréseux avec quelques niveaux calcaires. Cet horizon sédimentaire se suit sur 60 km dans la partie orientale du secteur étudié.

Ce niveau sédimentaire, qui sert d'horizon repère dans l'Atlas de Marrakech, présente de grandes analogies d'affleurement et de faciès avec un épisode sédimentaire décrit par COGNEY et FAUGERES (1975) au sommet de la série volcanique triasique de ROMMANI (Maroc Central) (annexe n° 3)

Cette Formation Supérieure est représentée par une seule coulée prismée, pouvant présenter localement à sa base des pillow-lavas (Aït Tadla, coupe n°14, fig. 46 - Marigha, coupe n°3, fig. 39) témoignant du dépôt dans une faible tranche d'eau.

Son épaisseur est variable (10 à 20 m) et renferme localement, là où sa puissance est la plus importante, des géodes d'améthyste (Sidi Rahhal, coupe n°15, fig. 47).

Cette coulée présente une surface scoriacée témoignant de l'environnement aérien de son sommet. Cette couverture scoriacée atteint de 1 à 2 m de puissance, mais se trouve souvent démantelée par l'érosion.

• La Formation Récurrente

Les rapports de cette formation avec la Formation Supérieure sont différents selon les secteurs, mais un épisode sédimentaire est toujours présent et marque une interruption des émissions avant la mise en place de la dernière coulée de 5 m de puissance.

La tendance carbonatée de cet épisode sédimentaire, constitué par un banc calcaire (1 à 2m) parfois précédé ou surmonté par des silts rouges (10 à 20 m), conduit à donner un âge infra-liasique à cette formation. (FERRANDINI, 1982).

III.3- LA MISE EN PLACE DES VOLCANITES

La mise en place de ces volcanites a fait l'objet de nombreuses controverses.

Certains auteurs (MORET, 1931 - TERMIER, 1948) avançaient l'idée de coulées, d'autres (BERTRAND et al., 1975) envisageaient la mise en place sous forme de vastes sills.

Dans le Haut Atlas de Marrakech toutes les observations convergent vers une mise en place sous forme de coulées.

Dans ce paragraphe, je décrirai un certain nombre d'observations de terrain qui conduisent sans aucune ambiguïté à interpréter la série fini-triasique comme une succession d'épanchements à l'air libre ou dans une faible tranche d'eau.

III.3.1- LES OBSERVATIONS DE TERRAIN

- La série basaltique montre dans le paysage une alternance de niveaux couleur verte et de niveaux de couleur rouge sur des épaisseurs pouvant aller de 100 à 150 m. Ces alternances s'observent parfois tous les 5 à 10 mètres et la répartition de telles séquences conduit à admettre un phénomène cyclique qui, compte-tenu de sa fréquence, écarte plus ou moins l'idée d'une mise en place sous la forme de sills.

- A l'affleurement, les niveaux verts apparaissent constitués par une lave microgrenue, parfois en bancs durs, mais le plus souvent sous la forme d'une "arène basaltique verte". Ils représentent des faciès caractéristiques des bases de coulées.

Les horizons rouges ressortant comme des échines dans la topographie, sont très riches en vacuoles de silice (jusqu'à 50% du volume total de la roche) et correspondent à des niveaux indurés marqués par une oxydation importante. Ils sont caractéristiques des sommets de coulées.

- Le contact entre deux coulées peut être marqué par une brusque limite entre un basalte oxydé, riche en vacuoles de silice (sommet de coulée) et un basalte vert pulvérulent (base de coulée).

Parfois, un horizon sédimentaire* (argiles et/ou calcaires) s'intercale entre deux épanchements et marque alors une interruption entre deux épisodes volcaniques. Une telle observation permet d'écarter de façon certaine l'hypothèse de sills.

- Certaines coulées surmontant ces niveaux sédimentaires présentent un faciès de base à pillow-lavas qui témoigne d'un épanchement dans l'eau.

- Chaque émission s'accompagne d'une phase "hydrothermale" siliceuse contemporaine ou tardive par rapport à la mise en place. Cette phase fluide migre par différenciation gravitaire vers le sommet de chaque coulée, pour donner des faciès très vacuolaires (silice) parcourus par des filonnets et des filons de silice. Ces derniers ne traversent jamais le contact entre deux coulées.

*renfermant des gisements de bois fossiles

Des observations au sein de chaque épanchement permettent de définir des critères de polarité et confirment l'hypothèse d'une succession de coulées. (fig 35)

● Figures de base de coulée

Ce sont localement, et surtout bien visibles à la base des coulées prismées (Formations Intermédiaire et Supérieure), de fins tubes remplis de silice et entourés par une gangue chloriteuse. La longueur de ces tubes est variable selon l'épaisseur de l'épanchement mais avoisine 15 à 20 cm, le diamètre est de 0,5 à 1 cm.

Ces tubes se disposent plus ou moins perpendiculairement par rapport à la surface de base bien que localement ils apparaissent en gerbes rayonnantes juxtaposées.

La partie supérieure de ces tubes est souvent recourbée et signe le sens d'épanchement.

● Figures de sommet de coulée

Ce sont des éléments observables au niveau de la phase fluide siliceuse. Certaines vacuoles allongées ont pris l'empreinte du sens d'écoulement. De nombreux filons de silice (3 à 10 cm de puissance) se disposent parallèlement au toit de la coulée.

● Figures de surface de coulée

Des horizons scoriacés très bulleux, montrant presque des structures en laves cordées, signent le caractère aérien de l'épanchement.

La présence de ces horizons bulleux peut être expliquée par:

- une altération différentielle qui provoque la disparition de la gangue argilo-chloriteuse tapissant les vacuoles, et séparant la silice de la matrice lavique. Il y aurait donc descelllement des "billes" siliceuses que l'on retrouve, actuellement, jonchant le sol;

- un simple phénomène de dégazage sans remplissage siliceux.

III.3.2- CONCLUSIONS

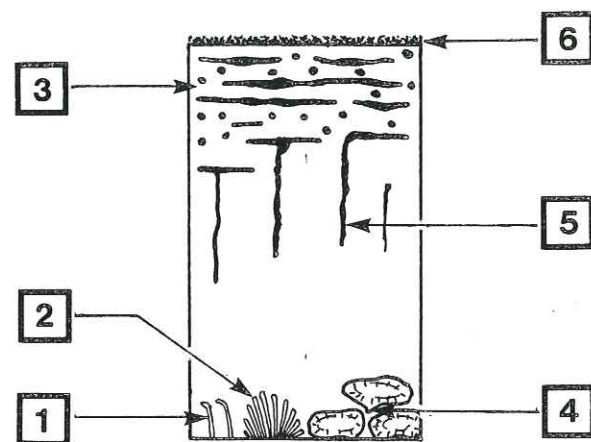
Il semble donc possible à travers les seules observations de terrain:

- succession de rythmes identiques sur 100 m de puissance;
- niveaux sédimentaires intercalés entre deux phénomènes volcaniques;
- pillow-lavas;
- phase hydrothermale propre à chaque épanchement,

de conclure à la mise en place de coulées à l'air libre ou quelquefois sous une faible tranche d'eau.

Ces observations sont confirmées par la pétrographie (p.125), la minéralogie (p.135) et la géochimie (p.157).

FIG 35 - LES CRITERES DE POLARITE DANS LES COULEES.



- 1** - Présence de fins tubes siliceux perpendiculaires à la surface de base de la coulée.
- 2** - Présence de tubes en disposition radiale par rapport à un point situé sur la surface de base de la coulée. En coupe, une base de coulée se présente alors comme une juxtaposition de petites gerbes (20 à 30 cm de diamètre).
- 3** - Les pédoncules de certains pillow-lavas indiquent la direction de la base de la coulée.
- 4** - La présence de filons de silice subverticaux signe la partie médiane de la coulée.
- 5** - La présence de filons de silice horizontaux caractérise la partie sommitale d'un épanchement. Cette dernière est aussi caractérisée par la présence de nombreuses vacuoles.
- 6** - La présence d'un niveau scoriacé témoigne du caractère aérien de l'émission et caractérise la surface de la coulée.

CHAPITRE III - PREMIÈRE PARTIE

" DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES "

1° PARTIE: DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES.....	63
III-4 DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES.....	67
III-4-1 La coupe d'Aguergour.....	67
III-4-2 La coupe du Col du Tizi Ouzla.....	69
III-4-3 La coupe de Marigha.....	69
III-4-3-a- Description de la coupe.....	69
III-4-3-b- Les bois fossiles.....	71
III-4-4 La coupe de Taourirt.....	72
III-4-5 La coupe d'Ait Ourir.....	74
III-4-5-a- Description de la coupe.....	74
III-4-5-b- Les pillow-lavas.....	77
III-4-5-c- Description d'une coulée de la Formation Inférieure.....	77
III-4-6 La coupe d'Ait Tadla.....	80
III-4-6-a- Description de la coupe.....	80
III-4-6-b- Description du sommet de la coupe: mise en évidence d'une phase tectonique durant la mise en place.....	82
III-4-7 La coupe de Sidi Rahhal.....	83
III-4-8 La coupe de Tazzert.....	84
III-4-9 La coupe d'Ait Aadel.....	84

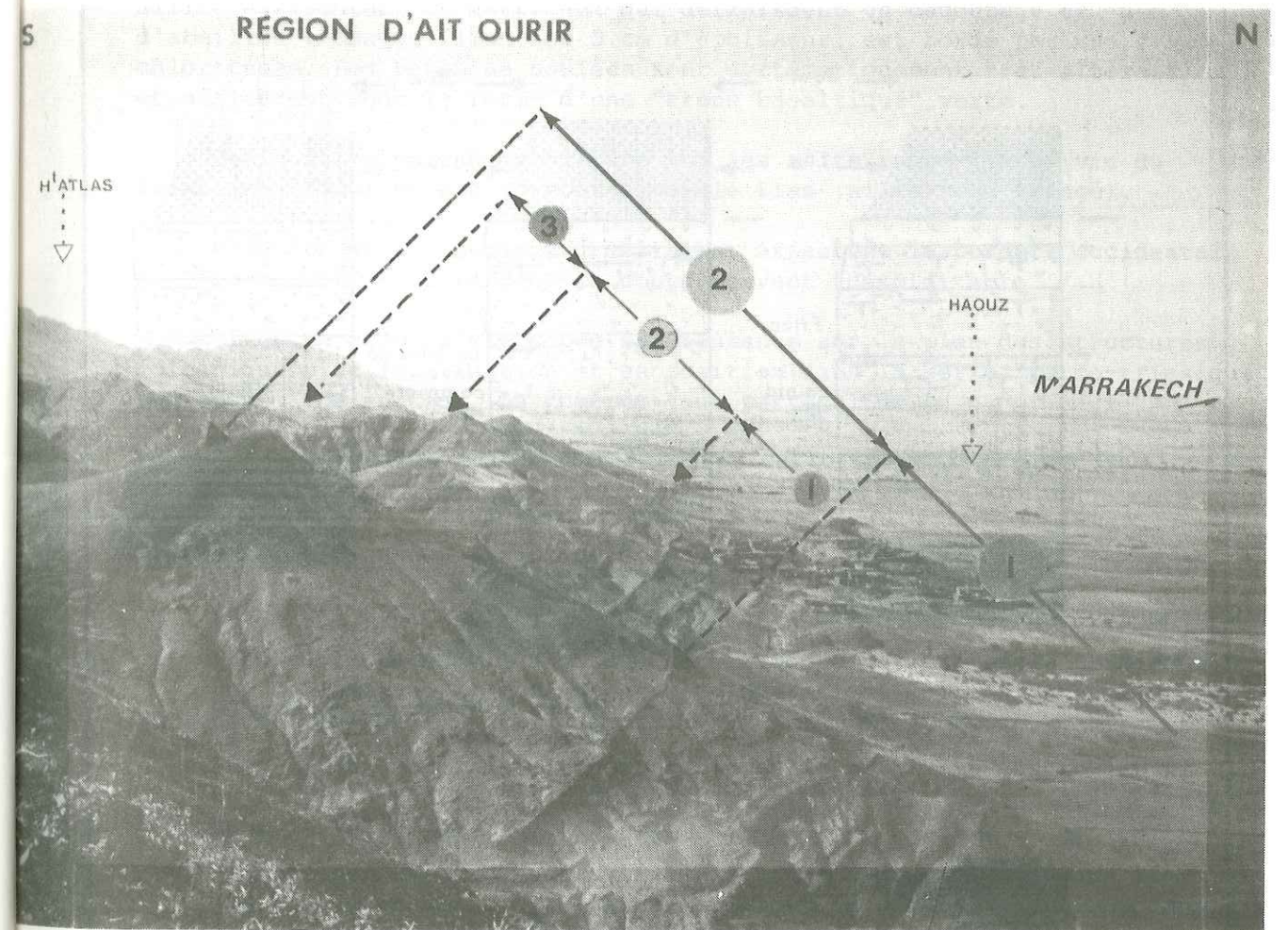


FIG. 36 - La série volcanique fini-triasique dans le Haut Atlas de Marrakech: Région d'Ait Ourir.
1: Formation Inférieure; 2: Formation Intermédiaire; 3: Formation Supérieure.

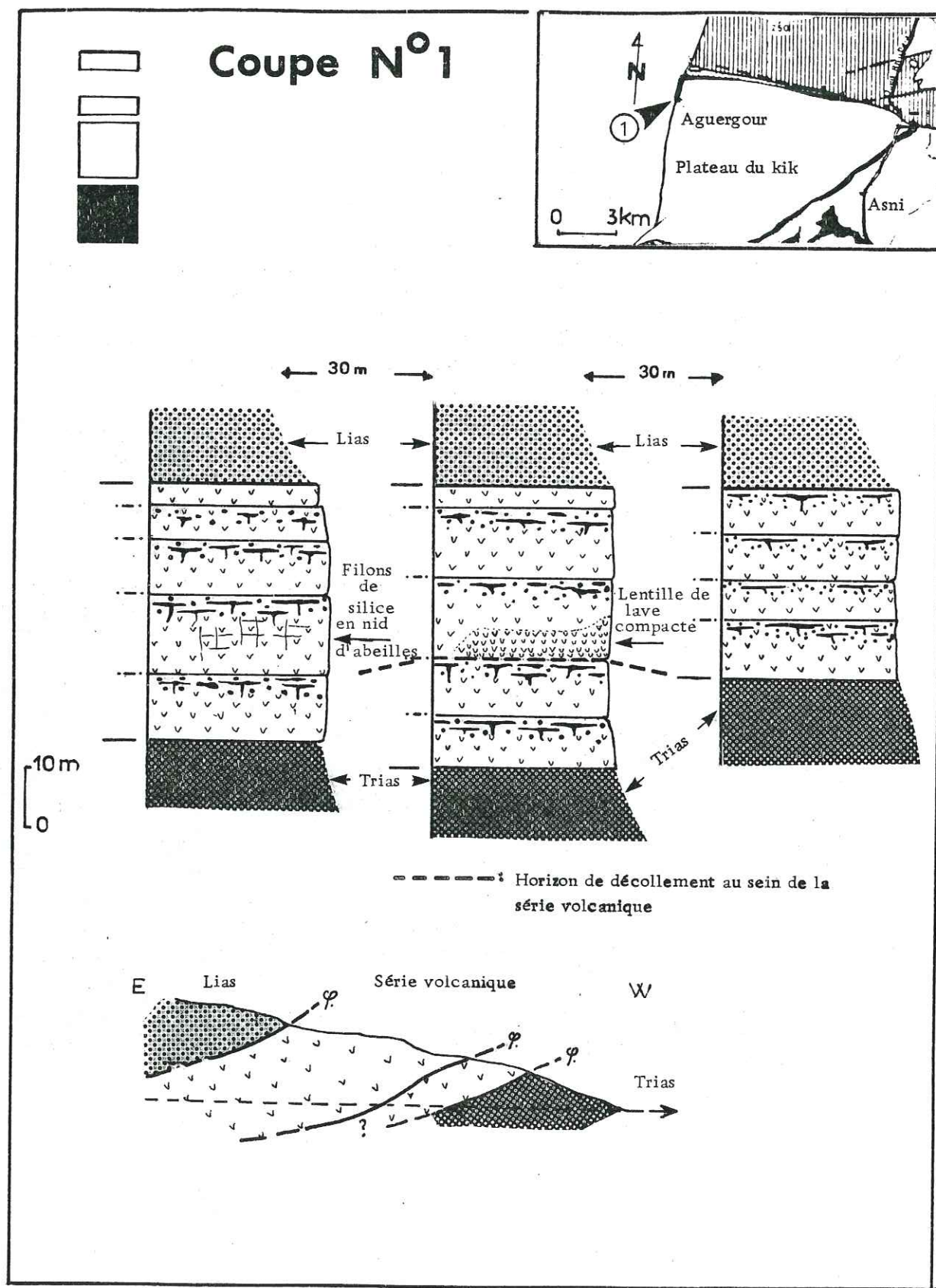


FIG 37 - Log de la coupe d'Aguergour. (NW du Plateau du Kik) .

III.4- DESCRIPTION DES DIFFERENTES COUPES

III.4.1- LA COUPE D'AGUER GOUR

Il s'agit d'une coupe peu épaisse (40 m au maximum). Des similitudes d'épaisseur de coulée et d'altération la rattacheraient à la Formation Inférieure, telle qu'on peut l'observer plus au Sud au col du Tizi Ouzla (fig. 38) ou à l'Est vers Asni.

Nous sommes en présence d'une succession de coulées de 4 à 10 m de puissance, présentant un sommet rubéfié, très riche en silice. Certaines coulées, dans leur moitié supérieure, montrent un réseau de filons de silice horizontaux et verticaux qui définissent un découpage en "nid d'abeilles". Chaque filon, de 5 cm d'épaisseur, est bordé par une frange chloriteuse. Les bases de coulées sont systématiquement très altérées et affleurent sous la forme d'une "arène basaltique" verte.

Cette série volcanique repose sur les silts rouge-lie de vin du Trias (F6 BIRON) et est surmontée par le Lias (silts rose orangé).

De nombreux glissements gravitaires affectent la bordure occidentale du Plateau du Kik et rendent la coupe souvent inexploitable.

Si cette coupe s'avère peu intéressante sur le plan des structures volcaniques, sa localisation et sa position dans la série "permo-triasique" confèrent à ce secteur un intérêt tout particulier.

Il est possible en effet d'intégrer cette coupe à celles décrites au chapitre II, concernant le volcanisme permien du même secteur.

La série permienne et triasique d'Aguergour.

Sur 150 à 200 m d'épaisseur, on observe de la base jusqu'au sommet que:

- Le socle paléozoïque plissé est surmonté par une série permienne peu épaisse (50 m) à tendance conglomératique comprenant un épisode de volcanisme à affinité tholéitique p. 41.

Avec BIRON, nous assimilons cette série permienne aux termes F1 et F2 de la série "permo-triasique" tels qu'ils avaient été définis dans la Vallée de l'Ourika.

- Cette série passe progressivement à une sédimentation plus fine que l'on peut assimiler aux termes F5 et F6 décrits par BIRON dans la vallée de l'Ourika (les termes F3 et F4 ne seraient pas représentés (fig. 13)).

- Un épisode volcanique fini-triasique constitue la partie sommitale de cette série.

En conclusion

Alors que la série permienne et triasique de la vallée de l'Ourika est de l'ordre de 1 000 m de puissance (BIRON, 1982), celle d'Aguergour est réduite à 200 m, et place ce secteur en position de bordure de bassin comme en témoignent aussi des caractères sédimentologiques internes à la série (BIRON, 1982).

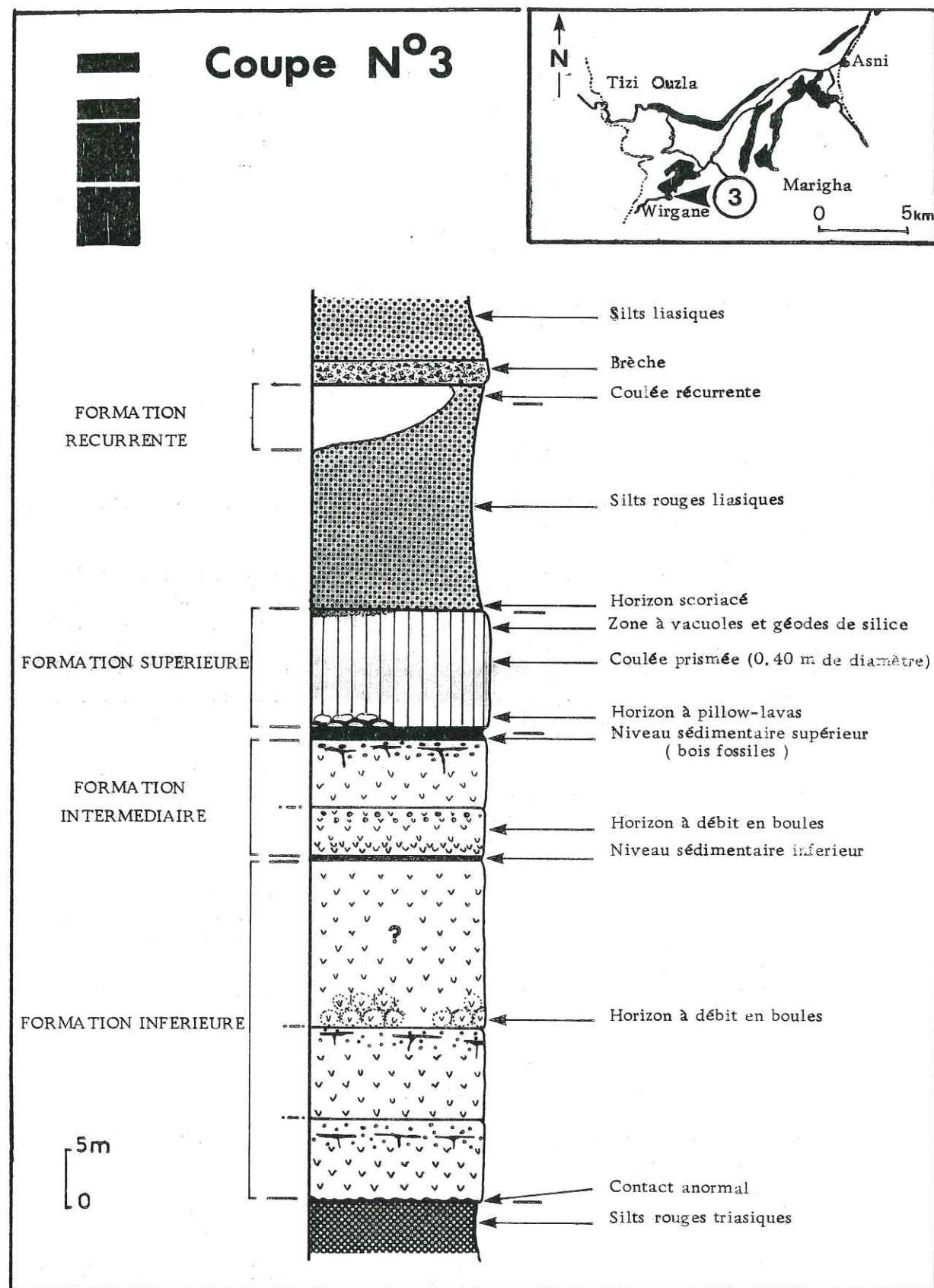


FIG 39 - Log de la coupe de Marigha.

Cet épisode fera l'objet d'une étude particulière dans le paragraphe consacré aux bois fossiles.

Une seule coulée prismée de 10 à 15 m de puissance, surmontée par un sommet de coulée scoriacée (laves cordées?) constitue la Formation Supérieure de ce secteur.

Séparée de la Formation Supérieure par 25 m de silts rouges attribués au Lias, une coulée récurrente de 5 à 6 m de puissance clôture la série volcanique de ce secteur. Cette coupe présente un certain nombre de particularités qui seront traitées successivement:

- Etude des bois fossiles (§ suivant)
- Le centre éruptif (p. 95).

III.4.3.b- Les bois fossiles de Marigha

Les différents travaux

Quelques gisements de bois fossiles ont été décrits dans l'Atlas (RICHOUX, 1954 - MOUSSU, 1956-59).

Dans la vallée de l'Ourika (fig. 40), P.E. BIRON décrit la présence de bois fossiles dans la série basaltique, associés à un horizon lacustre (niveau sédimentaire supérieur). Il s'agit de bois silicifiés et minéralisés en malachite et azurite. Ils peuvent atteindre une taille métrique. Ces bois présentent une structure de bois homoxylés avec seulement des fibres trachéïdes et des rayons ligneux. Ils feraient partie du genre *Dadoxylon Araucarioxylon* (BIRON op. cit.).

P. HUVELIN (1971) reprend les travaux de MOUSSU (1956-59) sur le gisement de Tirmert (Sud de Demnate) et les compare au gisement du Jbel Anrhommer (S.S.E. de Demnate). Il s'agit de bois associés à un niveau sédimentaire interstratifié dans les coulées.

Le secteur de Marigha constitue un nouveau gisement. Des bois fossiles ont été trouvés à la base de la Formation Supérieure (coulée prismée) (fig. 39), associés au niveau sédimentaire supérieur. Celui-ci est constitué par deux termes: une coulée rouge de 0,25 m surmontée par un horizon de couleur verte, de 0,20 à 0,30 m. Les bois se trouvent associés à ce dernier niveau qui, localement, est remanié en matrice interpillow-lavas à la base de la coulée.

Les bois se présentent sous deux aspects:

- silicifiés et minéralisés (malachite, azurite) lorsqu'ils sont recouverts par la coulée;
- carbonisés dans le niveau sédimentaire lorsqu'il n'a pas été recouvert par la coulée.

La présence de la coulée volcanique, ainsi que la phase fluide hydrothermale qui lui est associée (particulièrement importante à cause du pointement éruptif à proximité (10 m)), pourrait répondre, tout au moins localement, au fait que les bois piégés sous la coulée se trouvent silicifiés et minéralisés, ceux non affectés par le volcanisme se trouvent carbonisés.

De telles observations ont été faites par HUVELIN (1971) dans les gisements de Demnate.

A Marigha, les minéralisations recoupent toutes les structures silicifiées des bois et aucun indice de cuivre n'a été observé dans la coulée sus-jacente.

Si l'on admet que la silicification se fait au moment de la mise en place, il faut donc envisager que les minéralisations sont post-magmatiques et peuvent correspondre au lessivage per descensum de la coulée sous-jacente.

Si le contexte local permet d'expliquer silification et minéralisation, une certaine prudence dans le raisonnement doit être observée.

En effet, des indices de cuivre ont été trouvés (en lentilles) dans les sédiments du Trias et ne semblent pas particulièrement liés à une émission volcanique.

D'autre part, de nombreux gisements de bois silicifiés dans le monde ne se trouvent pas associés à un épanchement volcanique.

En conclusion

Si les phénomènes de silicification et de minéralisation peuvent localement recevoir une explication, le contexte même environnant ce gisement peut masquer un processus diagénetique qui aurait pu se réaliser sans l'existence du magmatisme sus-jacent.

Le rattachement de ces bois à un horizon argileux vert (milieu réducteur) peut constituer à lui seul, un environnement favorable à de telles transformations.

Deux hypothèses s'affrontent, l'une à caractère sédimentaire, l'autre à caractère magmatique.

Faut-il écarter complètement l'hypothèse qui consiste à admettre que le volcanisme, par une transvaporisation du sédiment sous-jacent, ait pu catalyser un processus diagénetique déjà amorcé ?

III.4.4- LA COUPE DE TAOURIRT (vallée de l'Ourika)

Cette coupe se trouve en rive droite de l'Oued Ourika à l'Est du village de Taourirt où la série est redressée à la verticale.

La Formation Inférieure (50 à 60 m) est constituée par un ensemble de coulées de 4 à 12 m chacune. Les coulées les plus épaisses présentent fréquemment des lentilles plus compactes à leur base (fig.40). Des "injectats" (p.186 et fig. 40) ont été observés à la base de la seconde coulée.

Un horizon argileux rouge (10 cm de puissance) est présent localement au-dessus de la Formation Inférieure. Il correspond au niveau sédimentaire inférieur, limite entre les Formations Inférieure et Intermédiaire

Un niveau à pillow-lavas de 3 à 4 m surmonte cet horizon sédimentaire et pourrait correspondre à la base de la Formation Intermédiaire. Latéralement aux pillow-lavas un dôme bréchique de 5 m de diamètre passe

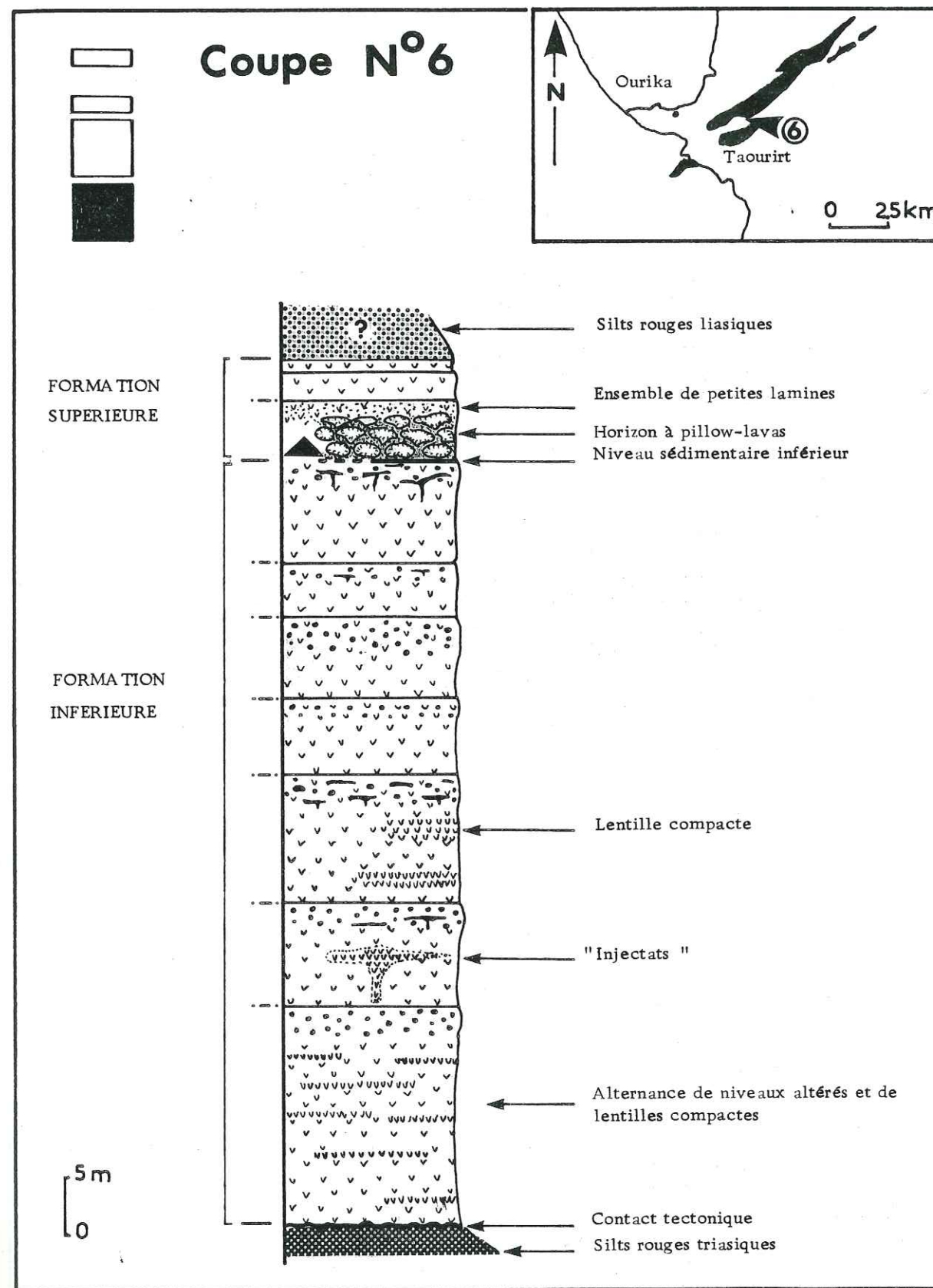


FIG 40 - Log de la coupe de Taourirt.

progressivement à de petites lamines (0,5 à 1 m d'épaisseur) sur 5 à 10 m de puissance totale. Il s'agit très certainement d'un centre éruptif.

La coupe se termine par au moins deux coulées de 2 à 3 m chacune qui renferment des filons d'aérinte (chlorite bleue) perpendiculaires aux épontes. Ceux-ci peuvent traverser le contact entre deux épanchements et témoignent donc de leur caractère postérieur aux émissions.

La présence à 3 km à l'Est (Jbel Sal) du sommet de la série jusqu'à la Formation Récurrente, laisse penser que la tectonique, ayant affecté le secteur de Taourirt, a localement provoqué la disparition du sommet de la série.

III.4.5- LA COUPE DES AIT OURIR

III.4.5.a- Description de la coupe (fig 41)

Cette coupe se trouve dans une zone peu affectée par la tectonique atlasique, ce qui lui confère un intérêt très particulier à l'échelle du secteur étudié. Elle offre, en effet, de très bonnes conditions d'affleurement, qui ont permis de distinguer sans discontinuité les quatre formations volcaniques séparées par les trois horizons sédimentaires. Cette coupe pourrait servir de référence à l'échelle du secteur. Elle se corrèle avec les coupes occidentales (vallée de l'Ourika, vallée d'Asni) grâce à l'horizon sédimentaire inférieur, contact entre la Formation Inférieure et la Formation Intermédiaire. Elle se corrèle avec les coupes orientales (Sidi Rahhal-Tazert) grâce à l'horizon sédimentaire supérieur, contact entre la Formation Intermédiaire et la Formation Supérieure.

Le contact sur le terme F6 du Trias sédimentaire (BIRON, 1982) n'est pas toujours visible. Il est souvent masqué par les formations plio-quaternaires de la plaine du Haouz.

A la base de la série volcanique fini-triasique, la Formation Inférieure (50 à 60 m) est constituée par un ensemble de coulées d'une dizaine de mètres de puissance chacune, formant un relief souple où seuls les sommets de coulées très silicifiées constituent des échines dans la topographie. Les bases de coulées présentent localement un débit en boules.

Au sein de cette Formation Inférieure, mais n'affectant pas tout l'ensemble des coulées, des petits décrochements peuvent être interprétés comme le résultat d'une tectonique cassante durant la mise en place des basaltes, ou bien, plus vraisemblablement, compte-tenu de leur faible rejet (4 à 5 m), comme des affaissements de bord de coulée. Sur cette paléotopographie ainsi établie, la coulée suivante "fossilise" les structures.

Cette Formation Inférieure est séparée de la Formation Intermédiaire par un petit niveau sédimentaire argileux rouge de 0,15 m, correspondant à un paléosol.

La Formation Intermédiaire (60 m environ) débute par une coulée dont la base (5 m) montre des pillow-lavas de 1 à 3 m de diamètre (p. et le sommet des prismes.

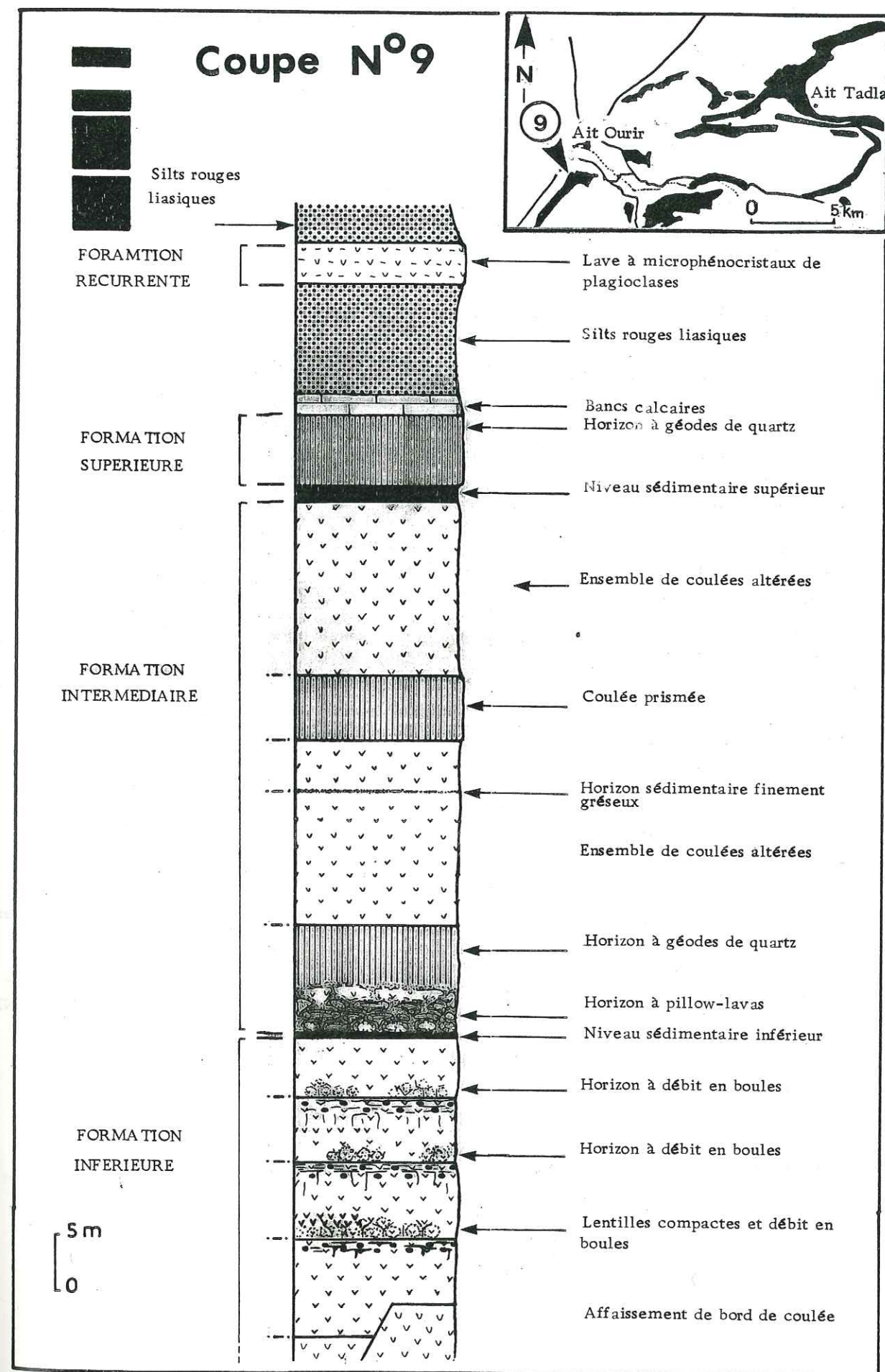


FIG 41 - Log de la coupe d'Ait Ourir.

Une telle succession au sein d'une même coulée laisse penser à un épanchement dans une faible tranche d'eau, tel qu'on peut l'observer actuellement aux Iles Hawaï. La présence d'eau n'aurait affecté que la base de la coulée dont le sommet serait resté émergé.

De telles observations décrites par COGNEY et FAUGERES 1975 dans le bassin de Rommani (Maroc Central) ont amené ces auteurs à envisager une interprétation identique.

Cette première coulée de 15 m de puissance est surmontée par 15 à 20 m de petites coulées, plus ou moins altérées. Localement, un fin niveau gréseux (quelques cm) s'intercale entre deux coulées et fournit un argument supplémentaire pour l'environnement deltaïque à lagunaire.

Une seconde coulée prismée de 10 m d'épaisseur, surmonte la base de la Formation, et elle est suivie par un ensemble de petits épanchements sur 20 m.

Le niveau sédimentaire supérieur, de 1 à 2,5 m suivant les secteurs, constitue un hiatus dans les émissions. L'existence de niveaux carbonatés au sein de cet horizon confirme le caractère lagunaire ou lacustre pour l'environnement des épanchements. Cette tendance carbonatée pourrait laisser envisager l'âge infra-liasique de cette Formation, mais des datations absolues (K/Ar) sur la Formation supérieure ont donné un âge tardi-triasique: 190 Ma (BERTRAND, 1975; MANSPEITZ R, 1976; WESTPHAL, 1979).

Cet horizon sédimentaire, sert de substratum à la Formation Supérieure constituée ici d'une seule coulée prismée de 10 m de puissance. Il s'agit généralement de prismes très fins (10 à 15 cm de diamètre), mais localement plus massifs (30 à 40 cm de diamètre). Une étude systématique de la prismation n'a pas pu être réalisée, mais l'ensemble des observations converge vers une relation existant entre la taille des prismes et l'épaisseur de la zone prismée. La taille est d'autant plus petite que la coulée est peu épaisse.

La semelle de la coulée est nette. Il n'y a pas ici de remaniement important du niveau sédimentaire sous-jacent. Ceci laisse penser à une extension extrêmement rapide d'un lave très fluide sur un sédiment déjà compacté.

Le sommet de la coulée, localement scoriacé, montre des laves cordées souvent mal conservées.

En contact directement sur la Formation Supérieure, un épisode sédimentaire à tendance carbonatée (15 m) et déjà attribué au Lias (FERRANDINI, 1982), débute par quelques bancs calcaires sur 1 à 2 m d'épaisseur et évolue vers une sédimentation plus fine (silts rouges).

Une coulée de 4 à 5 m d'épaisseur, souvent altérée, interrompt cet horizon sédimentaire et constitue le dernier événement magmatique de ce secteur. Compte tenu de la base de discussion adoptée pour l'environnement sédimentaire de cette coulée récurrente, un âge infra-liasique doit être envisagé.

III.4.5.b- Les pillow-lavas

De taille métrique, les pillows sont souvent très aplatis. Ceci confirme l'appartenance du matériel sus-jacent à ce même épanchement. Un pillow-lava peut être subdivisé en plusieurs unités depuis la périphérie jusqu'au centre (fig. 42).

Le cortex constitue une enveloppe vitreuse de 2 à 3 cm d'épaisseur. Dans les faciès les plus altérés, il se trouve transformé en chlorite.

Le bord du pillow constitue un horizon compact à faciès fin de 5 à 15 cm d'épaisseur.

Le coeur du pillow est constitué par un faciès très vacuolaire (vacuoles de 5 cm de diamètre). On peut observer, en disposition radiale, depuis le centre, de fins tubes de silice. Ce caractère vacuolaire, est responsable dans les faciès les plus altérés, de l'aspect pulvérulent des coeurs de pillow.

Les pillow-lavas dans la partie basale de la formation sont souvent pédonculés (fig. 42). Ces pédoncules constituent un bon critère de polarité. Les pillow-lavas présentent des fentes de refroidissement, se disposant de façon radiale du coeur vers la périphérie. Ces craquelures ne sont jamais remplies par de la silice. Ceci peut constituer un argument pour montrer le caractère précoce de la silice piégée dans les vacuoles.

La matrice interpillow est lavique; il n'y a pas eu remaniement du niveau sédimentaire inférieur qui, dans le cas présent, n'affleure d'ailleurs pas de façon constante.

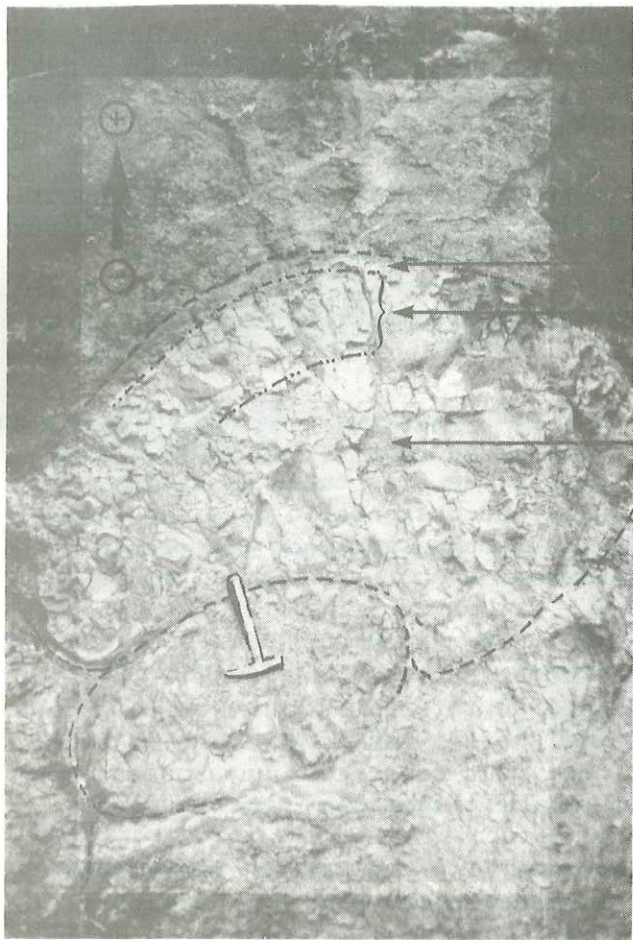
III.4.5.c- Description d'une coulée de la Formation Inférieure-

Essai d'explication du dynamisme lors de la mise en place

Ce schéma (fig 44) montre la succession des faciès rencontrés depuis la base d'une coulée jusqu'au sommet.

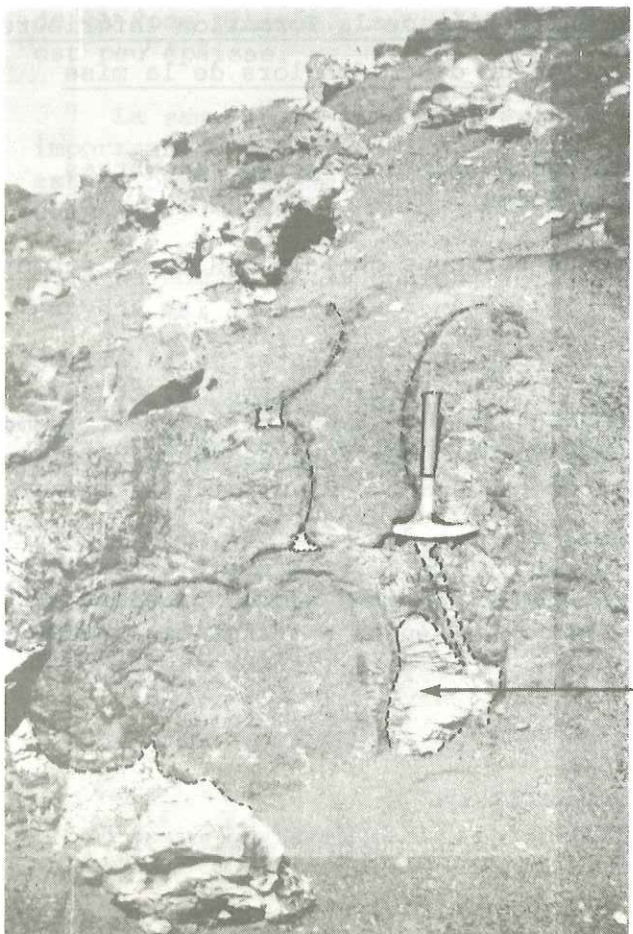
A, B, C, D constituent différents horizons dans la coulée et seront étudiés successivement.

En A, il s'agit d'un basalte fin pouvant présenter de la silice à sa base sous la forme de fins tubules de 0,5 cm de diamètre, et 20 cm de longueur. Ces tubules se disposent habituellement perpendiculairement à la semelle de la coulée, et peuvent montrer des figures de refroidissement locales en se disposant en gerbes rayonnant d'un point situé sur la semelle.



cortex
bord
coeur

FIG 42 - Pillow-lavas dont la matrice inter-pillow est lavique.



matrice inter-pillow
sédimentaire

FIG 43 - Pillow-lavas dont la matrice inter-pillow est sédimentaire.

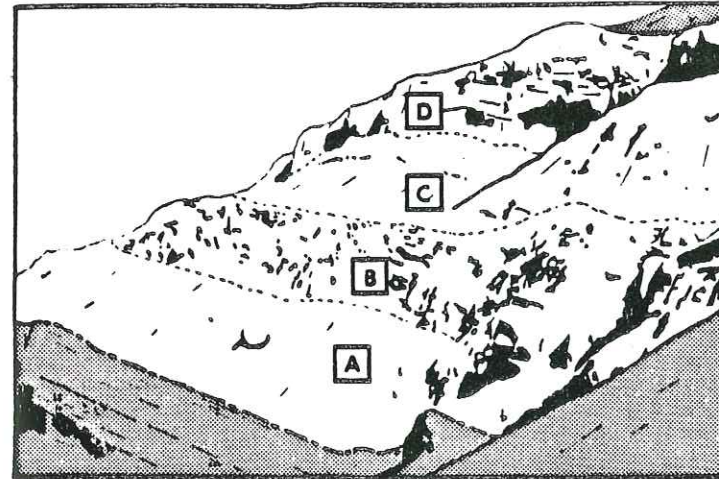


FIG 44 - Coulée de la Formation Inférieure d'Ait Ourir.

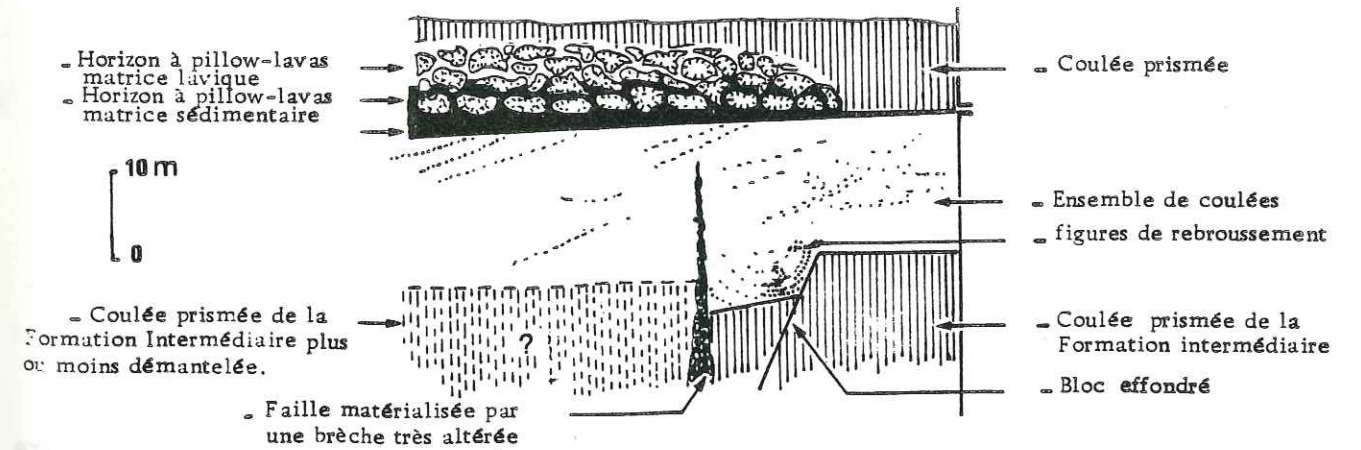


FIG 45 - Sommet de la série volcanique fini-triasique dans le secteur d'Ait Tadla.

Le sommet de ces tubules peut être recourbé et, lorsqu'il est étudié sur un dièdre, peut, tout au moins localement, donner une direction de l'épanchement.

Cette base de coulée, souvent pulvérulente, se présente sous la forme d'une arène basaltique verte. Localement, un débit en boules avec une altération en pelures d'oignon a pu être observée.

En B, il s'agit d'un niveau induré présentant souvent un faciès fin. Il se présente souvent sous la forme d'une superposition de lentilles, mais cet aspect semble plus lié à une fracturation lors du refroidissement, qu'à de véritables lentilles de mise en place. Cet horizon correspond à la dernière phase de cristallisation dans la coulée et hérite de tous les mouvements internes au sein de cette dernière. Souvent moins altéré que le niveau A, l'horizon B se présente sous forme d'une échine à patine rouille entre les niveaux A et C.

En C, on retrouve un aspect d'affleurement sensiblement analogue au niveau A, mais plus riche en vacuoles de silice. Il est parfois possible d'observer une sorte de granoclassement dans les vacuoles avec une augmentation du pourcentage et de la taille, depuis la base jusqu'au sommet.

Nous sommes déjà dans la moitié supérieure de la coulée. Des filons de silice correspondant à la coalescence de plusieurs vacuoles, par des mouvements internes à la coulée, apparaissent verticalement au sommet de ce niveau C.

En D, une sorte d'éperon correspond à un faciès induré, très riche en vacuoles de silice. Des filons de silice horizontaux semblent témoigner de la migration d'une phase fluide per ascensum. Celle-ci, bloquée par le toit de la coulée déjà refroidi, est obligée de migrer latéralement.

L'épaisseur de ce niveau est variable et semble liée à la teneur en silice existante ainsi qu'aux mouvements subis par la coulée lors de son refroidissement.

III.4.6- LA COUPE D'AIT TADLA

III.4.6.a- Description de la coupe (fig 46) (annexe n° 5)

Reposant en contact anormal sur des argiles rouges attribuées au Trias, la série débute par une succession de coulées très altérées et relativement peu épaisses qui correspondent à la Formation Inférieure.

Le démantèlement des niveaux supérieurs ne permet pas toujours d'observer les rapports entre la première coulée prismée de la Formation Intermédiaire et la Formation Inférieure.

Si le niveau à pillow-lavas est observé, l'horizon sédimentaire inférieur n'est pas présent. L'oxydation importante du sommet de la dernière coulée pourrait correspondre à une altération superficielle plus développée et marquerait un hiatus dans les émissions qui pourrait être interprété comme la limite entre Formation Inférieure et Formation Intermédiaire.

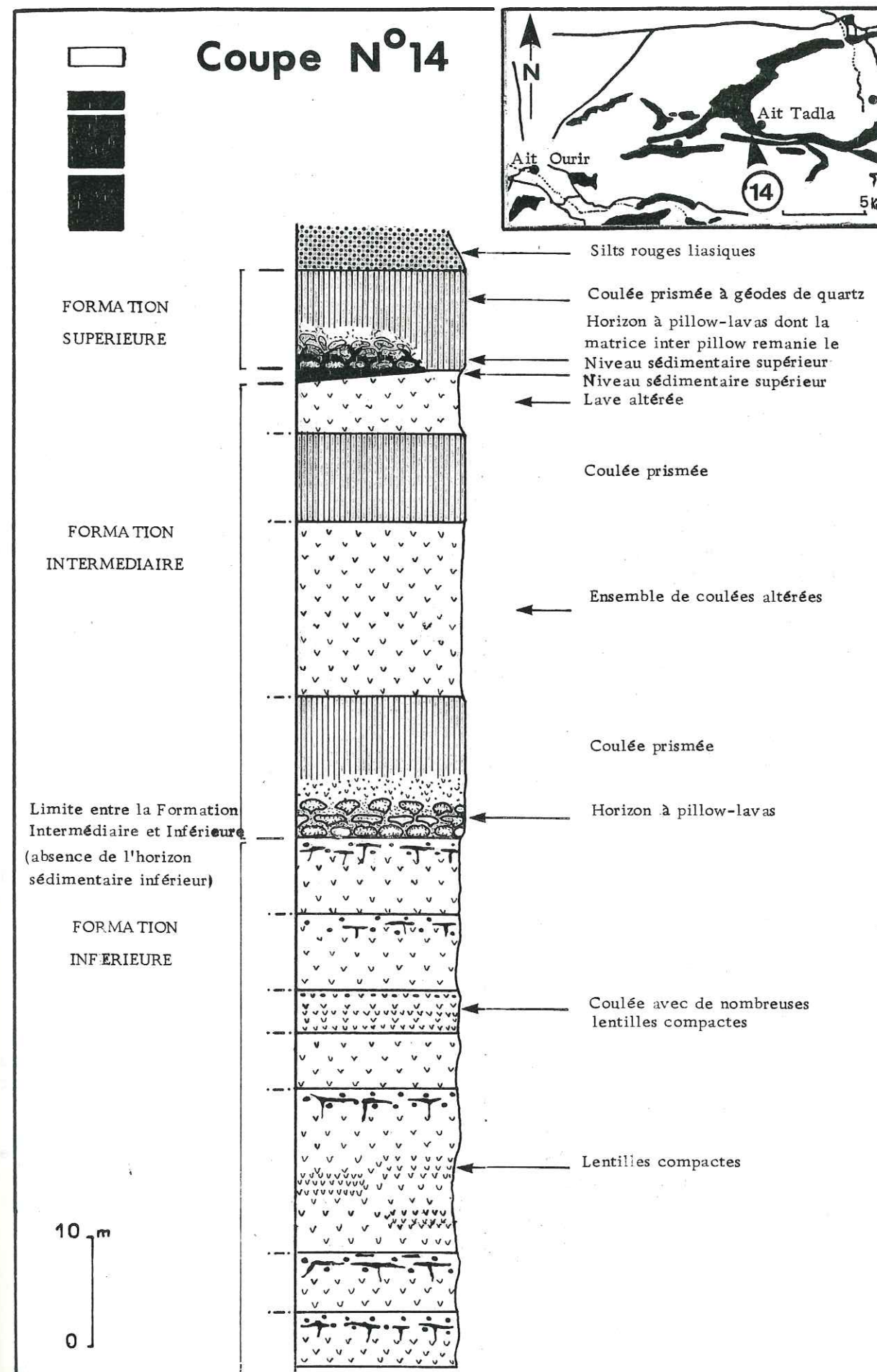


FIG 46 - Log de la coupe d'Ait Tadla.

Surmontant la première coulée prismée, une série de petites coulées peu épaisses et altérées, est interrompue dans sa partie supérieure par une coulée prismée (5 m). Cette succession constitue la Formation Intermédiaire, et est surmontée par l'épisode sédimentaire supérieur matérialisé par 1 à 2,5 m de sédiments lacustres.

La Formation Supérieure est dans ce secteur représentée par une coulée finement prismée et est surmontée par les sédiments liasiques. La coulée récurrente n'a pas été observée.

Malgré le contact basal avec le Trias, à caractère tectonique, on peut admettre que l'on est ici en présence d'une coupe complète (à l'exception de la coulée récurrente).

Le sommet de la coupe semble montrer l'existence d'une tectonique durant la mise en place des coulées.

III.4.6.b- Description du sommet de la coupe (fig 45)

Mise en évidence d'une tectonique durant la mise en place des coulées

Se trouvent concernés le sommet de la Formation Intermédiaire, ainsi que la Formation Supérieure. Jusqu'au dépôt de la seconde coulée de la Formation Intermédiaire, il n'y a pas de rejeu tectonique notable, mais certains décalages, visibles actuellement à l'affleurement, ne semblent pas dus uniquement à des blocs effondrés sur un versant abrupt et s'inscrivent dans un schéma tectonique général.

Un réseau de failles N 60° à N 80° affecte la série basaltique après le dépôt de la seconde coulée prismée, mais avant le dépôt des deux ou trois coulées qui, localement, la surmontent. Ces dernières se moulent sur une topographie aux amplitudes de relief faibles mais brusques, et montrent localement des figures de rebroussement au contact de ces reliefs.

Il apparaît, dans un second temps, un rejeu de ces accidents. Ces derniers s'accompagnent localement de zones brèchiques très altérées.

Des sédiments lacustres se déposent sur cette nouvelle topographie. Ils se biseautent localement pour devenir totalement absents entre la Formation Intermédiaire et la Formation Supérieure.

Il est en effet possible d'observer que là où le niveau sédimentaire est très réduit, voire même absent, la Formation Supérieure se présente comme une coulée prismée depuis la base jusqu'au sommet.

Vers le NW on observe, en base de coulée, un passage latéral progressif à des pillow-lavas, alors que le niveau sédimentaire présente une épaisseur plus importante. La matrice interpillows est sédimentaire, ce qui laisse penser à la venue d'une coulée sur des sédiments non indurés. Cet horizon à pillow-lavas est surmonté en continuité par une zone prismée qui prolonge latéralement la coulée entièrement prismée.

Une telle succession d'observations m'a amené à envisager ce secteur comme une coulée se déposant sur le rivage d'une lagune.

III.4.7- LA COUPE DE SIDI RAHHAL (fig 47)

(Description et tentative d'explication des géodes d'améthyste).

Le secteur de Sidi Rahhal montre simplement le sommet de la série basaltique et, si elle ne présente pas d'originalité au niveau de la succession des coulées, l'existence d'une coulée prismée à géodes d'améthyste confère à ce secteur un intérêt tout particulier.

Il s'agit en fait de la Formation Supérieure qui se suit de façon continue sur 30 km, et pourtant la présence d'améthyste reste très localisée. Présentes à Tazzert, mais mal cristallisées, les géodes sont plus nombreuses à Sidi Rahhal sur un affleurement de 500 m de long et 15 m de puissance. Les géodes font l'objet d'une exploitation artisanale. (fig 48) L'aspect ponctuel des gisements guide l'interprétation génétique que l'on peut envisager.

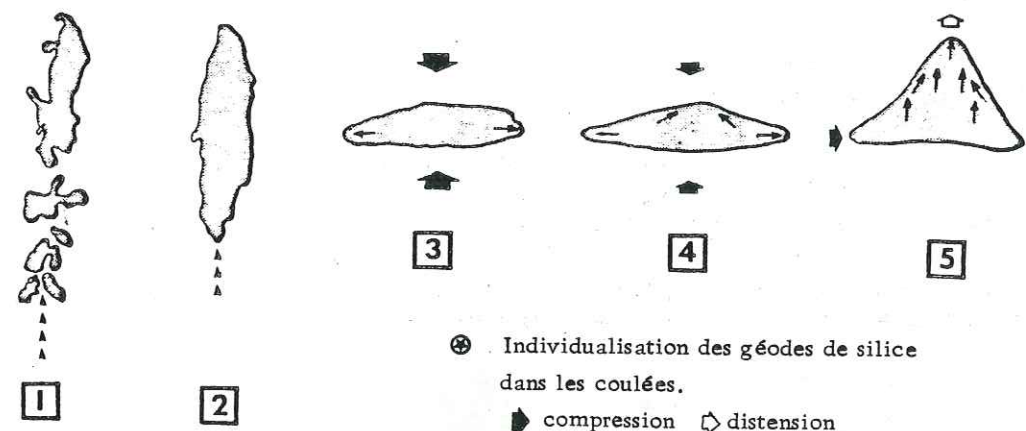
En effet, les observations faites aussi bien à Tazzert qu'à Sidi Rahhal (fig. 47) laissent penser à priori à une relation entre l'épaisseur de la coulée et la présence ou non de géodes. On constate que les deux seuls endroits où la coulée est épaisse renferment des géodes.

A partir de cette observation simple, une interprétation génétique des géodes a été tentée.

La répartition des géodes dans la coulée montre qu'elles se concentrent préférentiellement dans la partie supérieure près de la surface. Compte-tenu des hypothèses adoptées pour cette phase fluide siliceuse, les géodes pourraient être assimilées à de grosses vacuoles.

L'épaisseur de la coulée engendrerait des mouvements internes lors du refroidissement, et ces mêmes mouvements contrôlèrent l'individualisation de la phase siliceuse par rapport à la phase silicatée (lave s. str.).

Une succession de compressions et de distensions (fig. ④) pourrait être à l'origine de la séparation de la phase fluide sous forme de vacuoles de grande taille. La forme en "poire" de toutes les géodes serait imputable aux derniers phénomènes distensifs; ceux-ci permettraient d'expliquer aussi la présence d'une phase siliceuse dans les fentes de retrait des prismes.



1: coalescence des vacuoles, 2 à 5 : formation de la géode

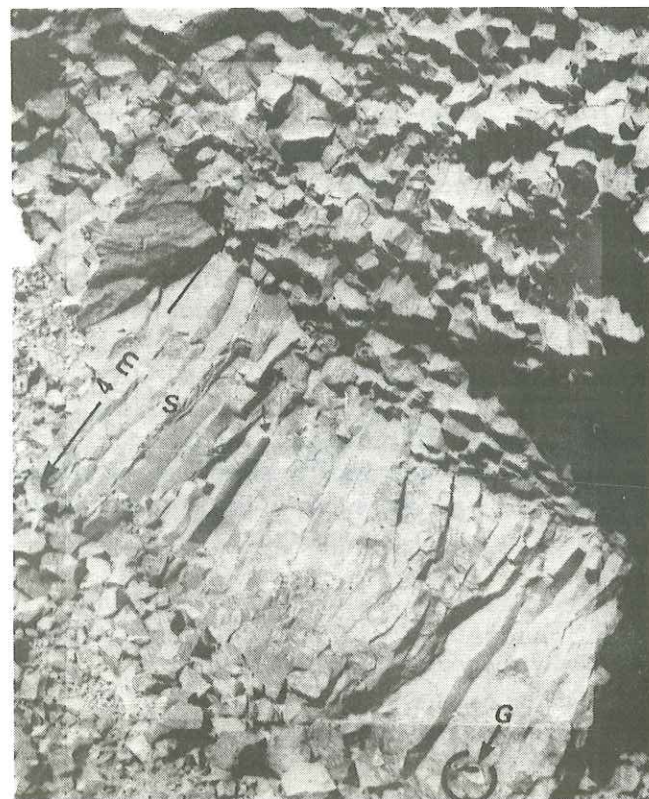
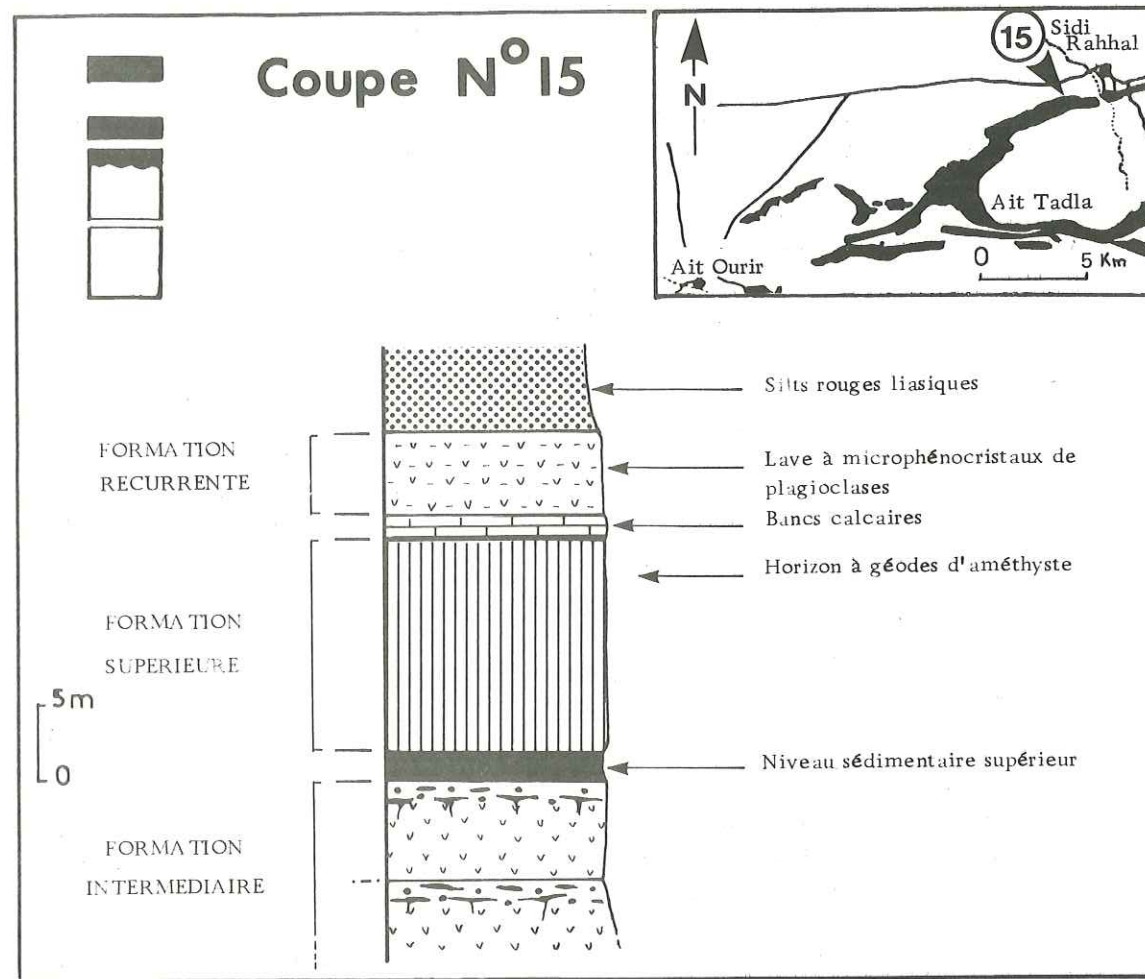


FIG 47 - Log de la coupe de Sidi Rahhal.

FIG 48 - La Formation Supérieure de Sidi Rahhal
S : Filons de silice entre les prismes.
G : Géodes d'améthyste...

III.4.8- LA COUPE DE TAZZERT (fig 49)

La coupe de Tazzert, compliquée par l'environnement tectonique, révèle à l'affleurement toute la série volcanique, exceptée la Formation Inférieure.

Cette coupe n'apporte pas d'éléments nouveaux relatifs à l'ensemble de la série, mais répond par quelques caractères particuliers à des problèmes de paléomorphologie et de pétrologie.

1/ La Formation Supérieure est localement très épaisse (20 m) et renferme quelques géodes de quartz souvent mal cristallisées. Ce niveau, ainsi que celui de Sidi Rahhal, m'a conduit à relier la présence des géodes à l'épaisseur de la coulée (cf. § III-4-7).

2/ La Formation Récurrente est séparée de la Formation Supérieure par un banc calcaire de 2 m de puissance. La disparition des silts rouges est sans doute à rapprocher d'une position haute de ce secteur. Cette position haute, observée aussi à Sidi Rahhal, correspond sans doute à l'épaisseur localement plus importante de la Formation Supérieure.

III.4.9- LA COUPE D'AIT AADEL (fig 50)

La coupe a été réalisée à l'aval du barrage d'Ait Aadel en rive gauche de l'oued Tessaout.

Le volcanisme de ce secteur a déjà fait l'objet d'une étude particulière axée sur l'altération des roches et la fracturation (BARBIER, 1966; VERDIER, 1971; BROUSSE, 1966).

Ce secteur particulièrement affecté par la tectonique atlasique n'offre pas la série complète.

Au bord de la route, une barre de basalte (10 à 15 m) plus ou moins bien prismée, est surmontée par 35 m de basalte altéré, au sein desquels il est difficile de distinguer des coulées.

Cet ensemble est interrompu dans sa partie médiane par une coulée prismée peu épaisse (2 à 3 m).

Quelques horizons, toujours ponctuels, renfermant des filons (10 m) de préhnite massive sont comparables à ceux que l'on observe à Talastat.

Au sommet de cette coupe, et souvent masqué par des éboulis, apparaît le niveau sédimentaire supérieur (lacustre). La succession observée et la présence de l'horizon sédimentaire lacustre permettent de rattacher l'ensemble de ces émissions à la Formation Intermédiaire.

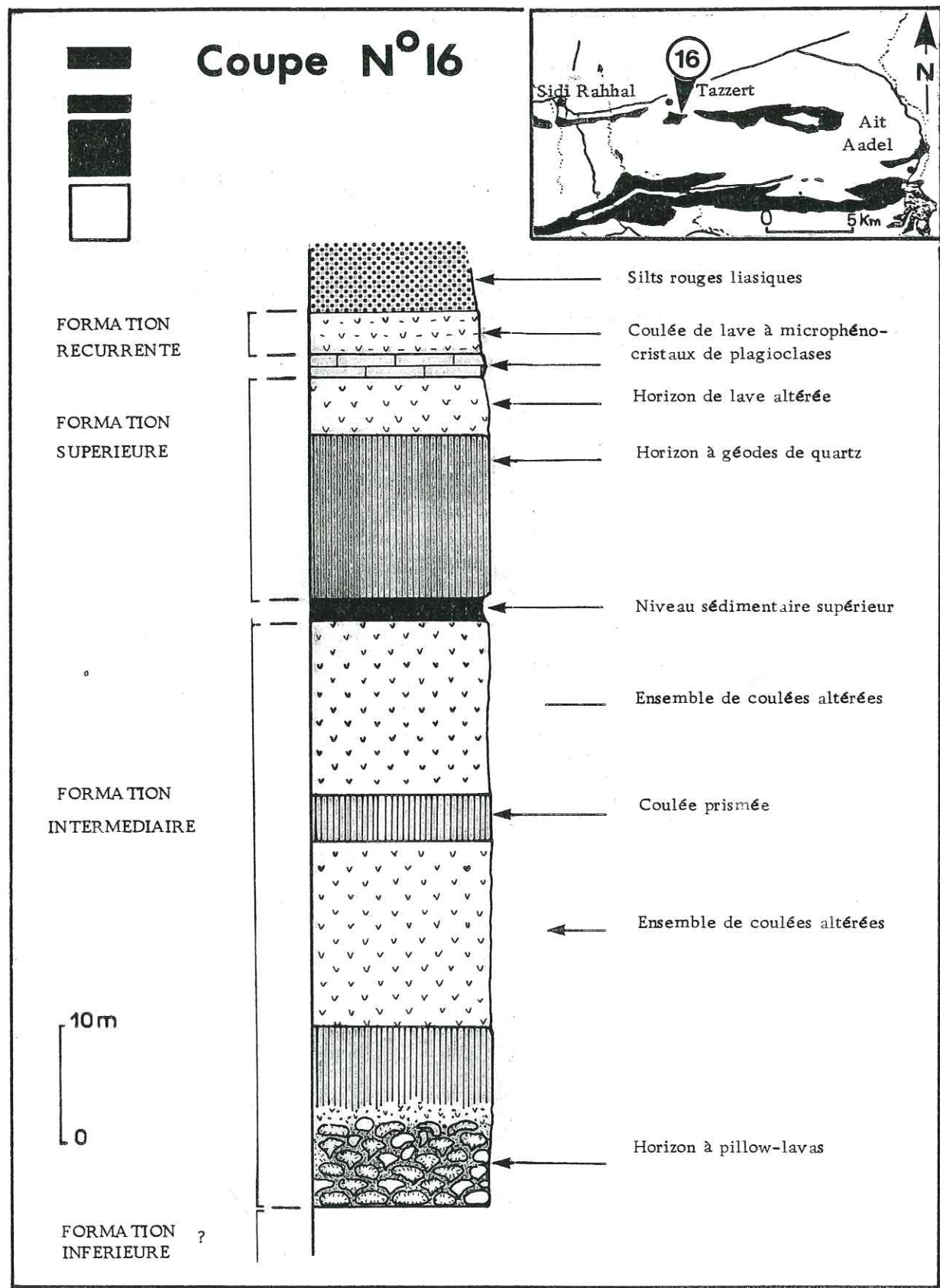


FIG 49 - Log de la coupe de Tazzert.

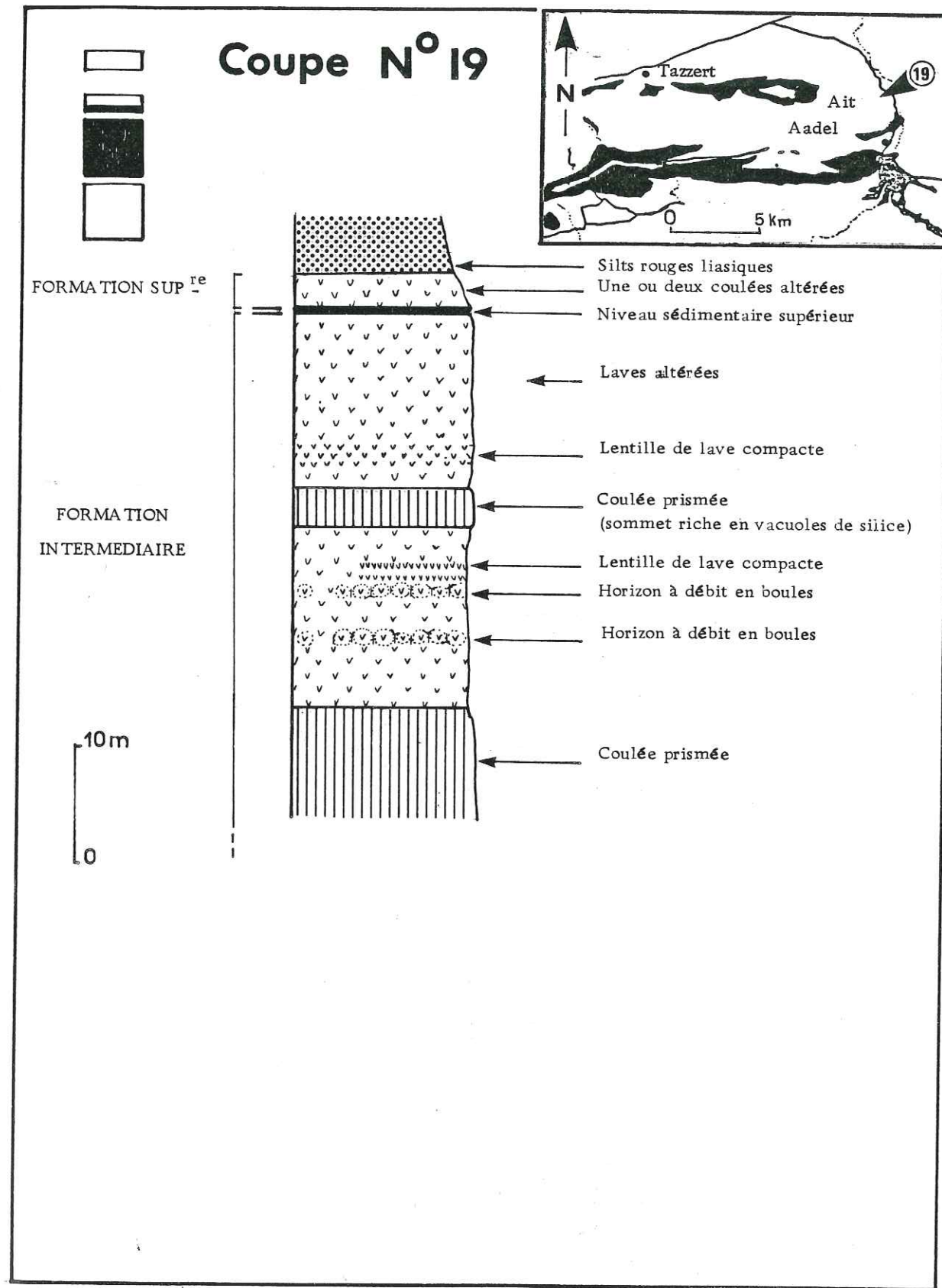


FIG 50 - Log de la coupe des Ait Aadel.

CHAPITRE III - DEUXIÈME PARTIE

" LES CENTRES D'EMISSION "

2° PARTIE: LES CENTRES D'EMISSION.....	89
III-5 LES CENTRES D'EMISSION.....	91
III-5-1 Introduction.....	91
III-5-2 Description des centres d'émission du Col du Tizi Ouzla.....	93
III-5-2-a- Point d'émission Tizi Ouzla I.....	93
III-5-2-b- Points d'émission du Tizi Ouzla II et III.....	94
III-5-2-c- Point d'émission du Tizi Ouzla IV.....	94
III-5-3 Le centre d'émission de Marigha.....	95
III-5-4 Le centre d'émission d'Asni, Jbel Khelout.....	95

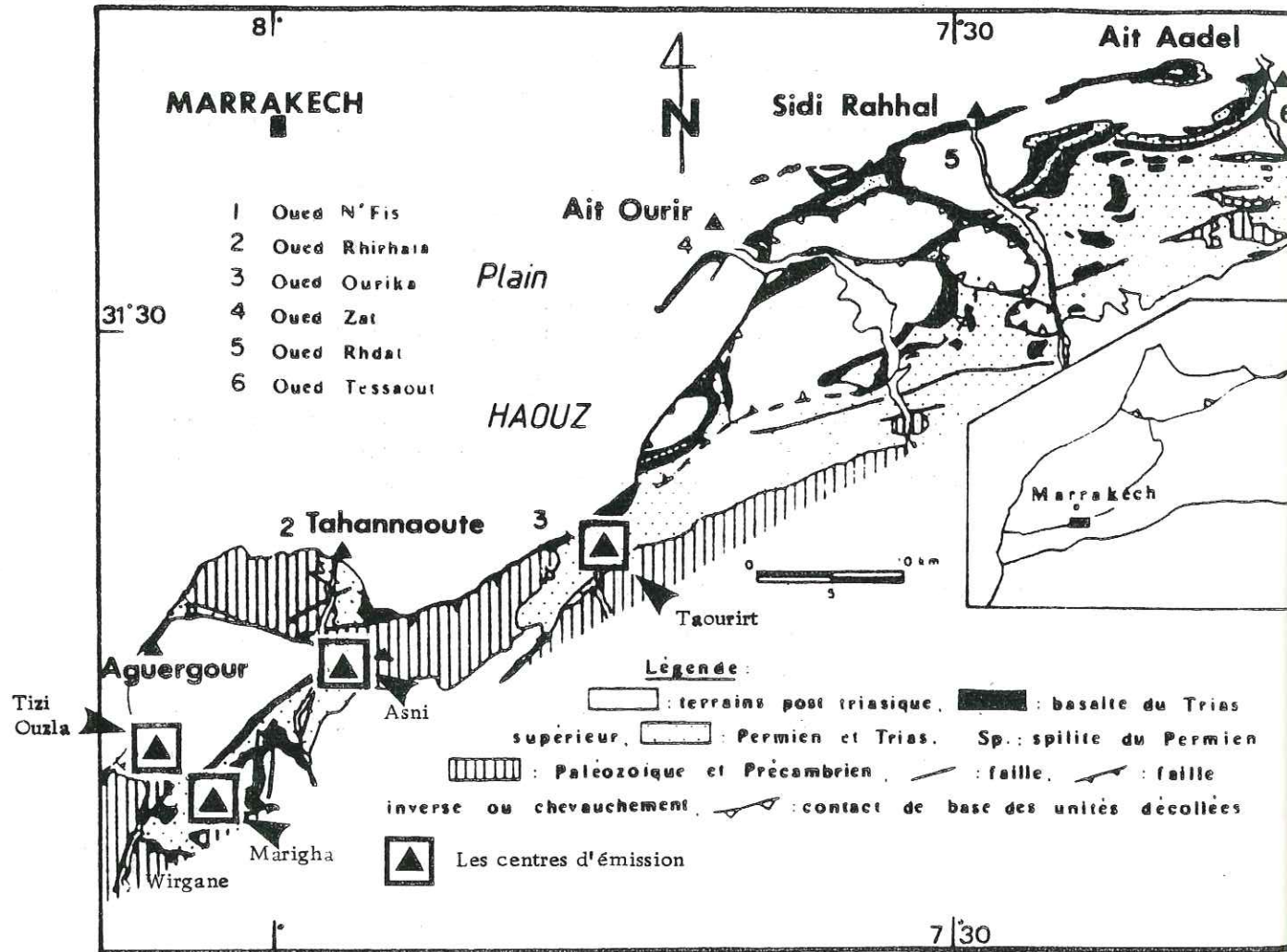


FIG 51 - Localisation des centres d'émission du volcanisme fini-triasique dans le Haut Atlas de Marrakech.

III.5- LES CENTRES D'EMISSION

III.5.1- INTRODUCTION

Certains auteurs (TERMIER, 1948; PROUST, 1962) avaient encouragé la recherche des centres d'émission.

L'étude des basaltes au Sud de Marrakech a permis la mise en évidence d'un certain nombre de points d'émission, en particulier dans le bassin d'Asni-Wirgane, dans la partie occidentale du secteur étudié (fig 51)

La présence de ces centres d'émission contribue à expliquer certains phénomènes de mise en place, en rapport avec une tectonique distensive permo-triasique, et apporte des précisions sur la géochimie des basaltes.

Quatre de ces centres éruptifs se trouvent dans la région du Col du Tizi Ouzla, un autre se trouve à l'Est de Wirgane et un dernier dans le secteur d'Asni.

Les centres d'émission apparaissent à l'échelle de l'Atlas comme très ponctuels et interdisent, semble-t-il, une interprétation à caractère régional. La distance entre les coupes et la faible extension latérale

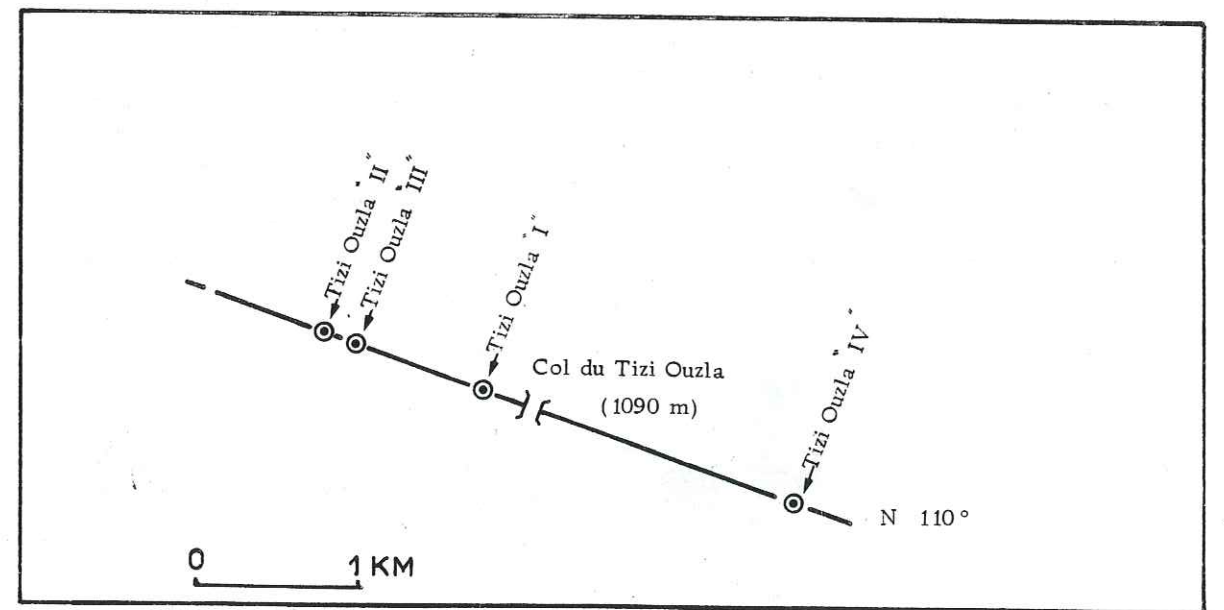


FIG 52 - Les centres d'émission du Col du Tizi Ouzla.

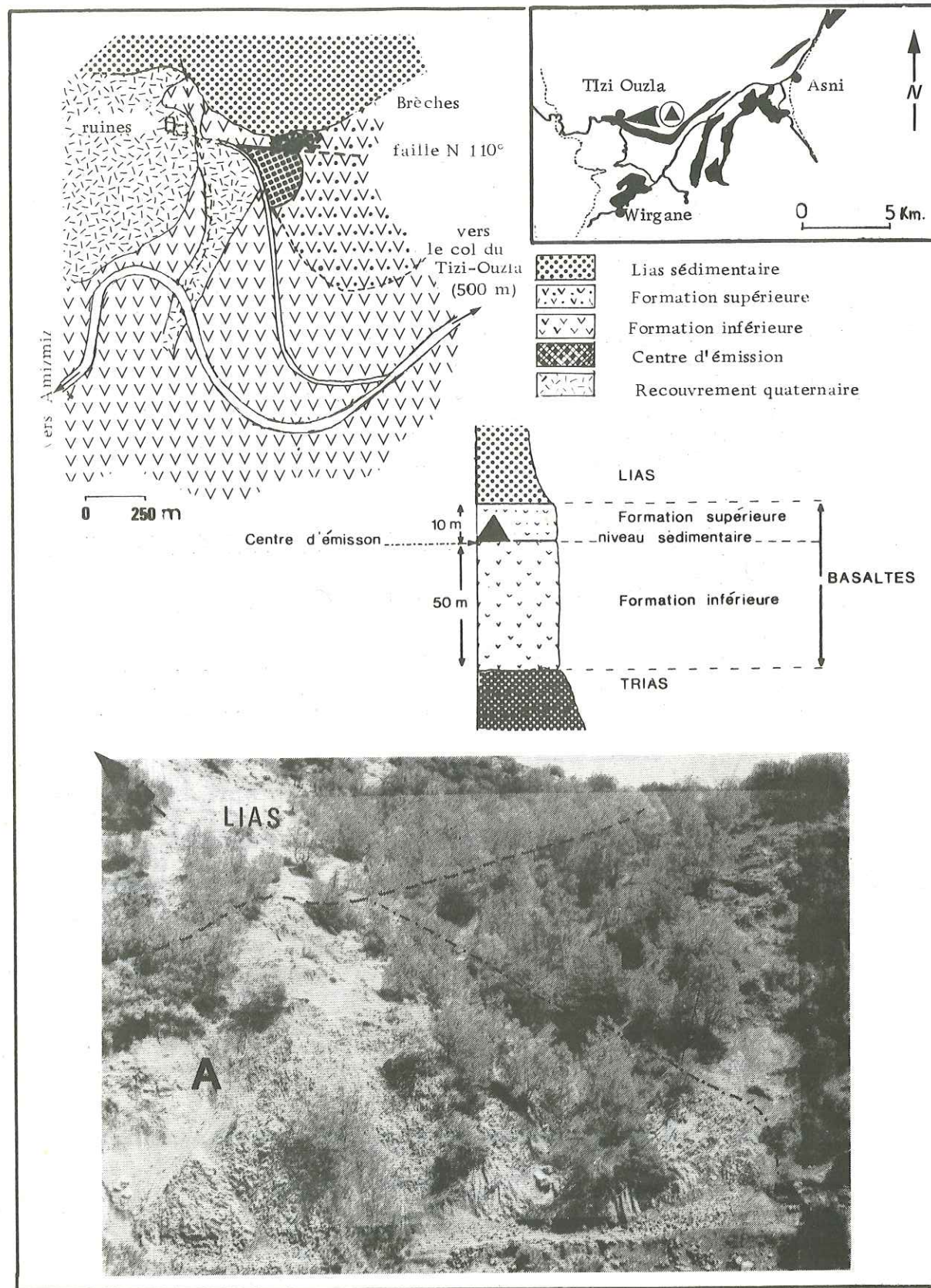


FIG 53 - Le centre d'émission Tizi Ouzla "I". Localisation et position dans la série.
A: Gerbe de prismes, B: Formation Supérieure

des coulées dans la zone occidentale du secteur étudié, rendent difficile l'interprétation de ces centres d'émission, comme ayant pu alimenter aussi d'autres coulées situées plus à l'Est (Ourika-Aït Ourir).

Néanmoins, on observe un alignement des centres d'émission du Col du Tizi Ouzla selon une direction N 110°. Si l'on se réfère au cadre structural de la zone étudiée (PROUST, 1973), on observe que le centre d'émission d'Asni (Jbel Khelout, fig. 55) se trouve à proximité de l'accident majeur N 110° passant au Nord du plateau du Kik et qui est un accident ancien à réjeu récent (LAVILLE, 1981).

Il est donc envisageable à l'échelle du secteur Asni-Col du Tizi Ouzla, d'interpréter ces centres d'émission comme l'expression en surface d'un matériel volcanique ayant profité du jeu d'accidents N 110° pour s'épancher et donner naissance à la série basaltique.

La recherche d'autres centres éruptifs plus à l'Est a été guidée par ces accidents, mais aucun autre n'a pu être véritablement observé, bien que certains secteurs (Assaka, Taourirt, Pl.1.2.3) présentent des similitudes d'affleurement avec la région d'Asni.

III.5.2- DESCRIPTION DES CENTRES D'EMISSION DU COL DU TIZI OUZLA

III.5.2.a- Point d'émission Tizi Ouzla "I"

(X: 244,850 - Y: 75,850 - Z - 1100 m)(Fig. 53)

Situé à proximité du Col du Tizi Ouzla sur la route descendant vers Amizmiz, ce centre d'émission se trouve juste au contact du Lias et des basaltes, près d'une ancienne exploitation de gypse (fig. 53).

Il se présente sous la forme d'un dôme de 15 m de diamètre, montrant une gerbe de prismes (fig. 53). Deux directions de prismations différentes et superposées laissent envisager une activité polyphasée de cette bouche d'émission. Ce caractère polyphasé n'implique pas forcément un temps très long entre deux phases éruptives.

Il est limité au N par une zone faillée, matérialisée localement par des brèches. Surmontant les basaltes immédiatement au N, les argilites du Lias remanient à leur base les niveaux supérieurs des laves.

Cet affleurement constitue dans ce secteur un point particulier, car on ne connaît pas de coulée prismée dans la série volcanique du Col du Tizi Ouzla. Il reste difficile d'interpréter un tel dôme comme le témoin d'une coulée prismée épargnée par l'érosion.

Une disposition radiale des filons de silice autour de la zone prismée laisse supposer qu'ils sont bien issus de ce secteur.

Ce centre éruptif est situé juste au-dessus du niveau sédimentaire inférieur localement interrompu. Le caractère local des prismes en gerbe, la présence de nombreux filons de silice en disposition radiale et l'interruption du niveau sédimentaire argileux rouge à la base de la zone prismée constituent un ensemble d'éléments qui permet d'interpréter cet affleurement comme un centre éruptif.

III.5.2.b- Points d'émission Tizi Ouzla "II"

(X:244,075; Y:73,50; Z:1100m)

Tizi Ouzla "III"

(X:244,250. Y:73,125; Z:1080m)
(fig. 52)

Situés à environ 1 km au NW du point "I" et s'alignant sur ce dernier selon une direction N 110°, ils présentent les mêmes caractères que le centre d'émission précédemment décrit, mais un fort recouvrement quaternaire donne des conditions d'affleurement moins nettes. Néanmoins, il est possible d'observer une gerbe de prismes qui, au niveau du point "II", peut atteindre 20 à 30 m de diamètre.

Le point d'émission "III", de dimension beaucoup plus modeste, serait un satellite du point "II".

Pour ces deux centres éruptifs, il n'a pas été observé le niveau sédimentaire argileux rouge, et la distinction entre les différentes coulées à proximité n'est pas possible : en raison d'une très forte altération.

III.5.2.c- Point d'émission Tizi Ouzla "IV"

(X: 246,450; Y: 72,300; Z:1020 m)

Situé à 2 km au S.E. du Col du Tizi Ouzla (fig. 52), il s'aligne aussi avec les précédents selon une direction N 110° et présente à l'affleurement les mêmes caractères.

III.5.2.d- Caractères communs à tous les centres éruptifs du

Col du Tizi Ouzla

. Ils s'individualisent dans la topographie, mais aussi au sein de la série volcanique, par la présence de gerbes de prismes de 15 à 30 m de diamètre.

. A la gerbe de prismes se trouve associé un réseau rayonnant de filons de silice.

. Les laves saines de la bouche éruptive passent latéralement en continuité à des basaltes plus altérés constituant une formation volcanique confuse au sein de laquelle il n'est pas possible de distinguer de véritables coulées. Il est néanmoins possible d'observer parfois une succession de petites lamines.

. Associé à cette formation volcanique, un niveau à pillows a été systématiquement observé et en particulier pour le Tizi Ouzla "I"; il surmonte le niveau sédimentaire inférieur (limite entre les Formations Inférieure et Intermédiaire

. La présence de ces pillow-lavas, parfois à moins de 20 m du centre éruptif, confirme le caractère subaquatique de la mise en place qui peut être rapproché de l'altération de la formation volcanique.

. Les centres d'émission s'alignent selon une direction N 110°. Cet alignement, compte-tenu du fait que la direction et le pendage de la série ne varient pas sur la distance considérée, peut être interprété comme un accident ayant permis la montée et l'épanchement des laves en différents points.(fig 52)

. Cette dernière observation permet de rattacher l'ensemble des centres éruptifs du Col du Tizi Ouzla à un même phénomène éruptif. La situation du Tizi Ouzla "I" au-dessus du niveau sédimentaire rouge permet de rattacher ces centres d'émission à la Formation Intermédiaire. Mais la géochimie oblige à les assimiler à la Formation Supérieure. De telles observations apportent quelques précisions supplémentaires sur la géographie au moment de la mise en place. (fig. 68).

III.5.3- CENTRE D'EMISSION DE MARIGHA

Le centre d'émission est matérialisé par une gerbe de prismes au niveau de la Formation Supérieure (fig. 54). Le contact à la base des prismes est masqué par des éboulis provenant du démantèlement de ces derniers, mais en contrebas, dans la Formation Intermédiaire, quelques pointements d'une lave plus ou moins prismée constituent sans doute des apophyses du centre éruptif principal. La gerbe de prismes est limitée au SW par un niveau à pillow-lavas qui repose directement sur le niveau sédimentaire (argiles rouges et vertes). Localement, cet horizon sédimentaire est repris en matrice interpillow. Des bois fossiles ont été trouvés associés aux argiles vertes (cf. fig. 54).

Le niveau à pillow-lavas passe progressivement à un faciès bréchique qui laisse penser à un bord ou à un front de coulée.

L'étude au N.E. montre le passage latéral, depuis la gerbe de prismes, à une coulée prismée de la base au sommet, et qui repose directement sur l'horizon sédimentaire supérieur (limite entre Formation Supérieure et Formation Intermédiaire).

Une direction N 110° - N 120° permettrait de rattacher ce centre d'émission à ceux du Col du Tizi Ouzla (cf. fig. 51).

III.5.4- DESCRIPTION DU CENTRE D'EMISSION D'ASNI (TAGINES)

Dans ce secteur affleure une gerbe de prismes de 15 m de diamètre transperçant le niveau sédimentaire inférieur (limite entre Formation Inférieure-Formation Intermédiaire).(fig 56)

Des filons de silice disposés de manière radiale au sein de la zone prismée passent ensuite à l'horizontale dans les coulées avoisinantes (fig.55)

Alors que la série volcanique montre une Formation Inférieure composée d'une succession de coulées de 5 à 10 m de puissance chacune, avec des faciès vacuolaires et rubéfiés en sommet de coulée, la formation volcanique associée au centre d'éruption est composée par une succession de petits niveaux très vacuolaires de 0,45 m à 1,5 m, sur environ 15 m de puissance totale, et débute par un niveau à pillow-lavas reposant directement sur l'horizon argileux rouge. De tels niveaux suggèrent de petites venues s'étant installées rapidement et sur une période très brève. La présence de vacuoles sur toute l'épaisseur d'un même niveau, correspond sans doute au piégeage de la silice sous l'effet d'un refroidissement rapide de la lave, dû à sa faible épaisseur.

Au sein de ces mêmes petits rythmes volcaniques, à 10 m au dessus de la zone prismée principale, on observe une autre zone prismée, en relation avec une petite coulée prismée de 1 m d'épaisseur, qui vient localement recouvrir toute la série.

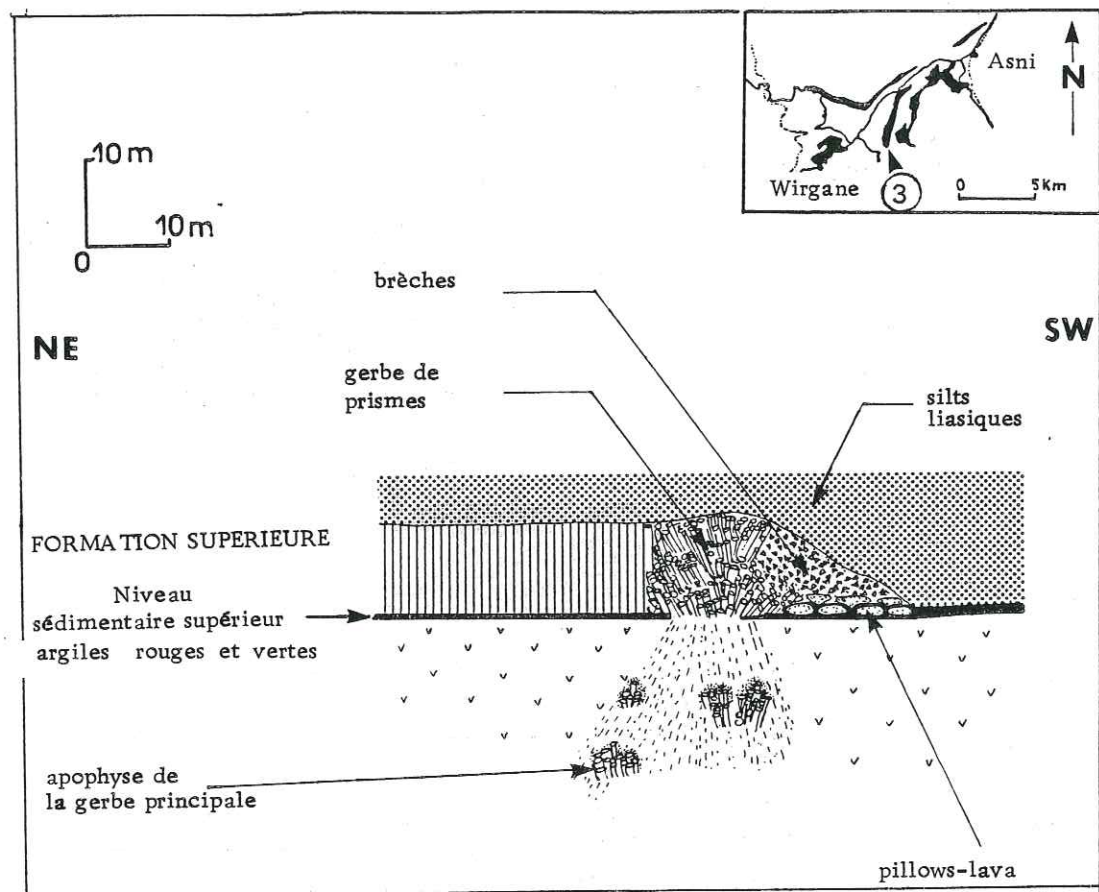


FIG 54 -- Centre d'émission de Marigha (Wirgane)

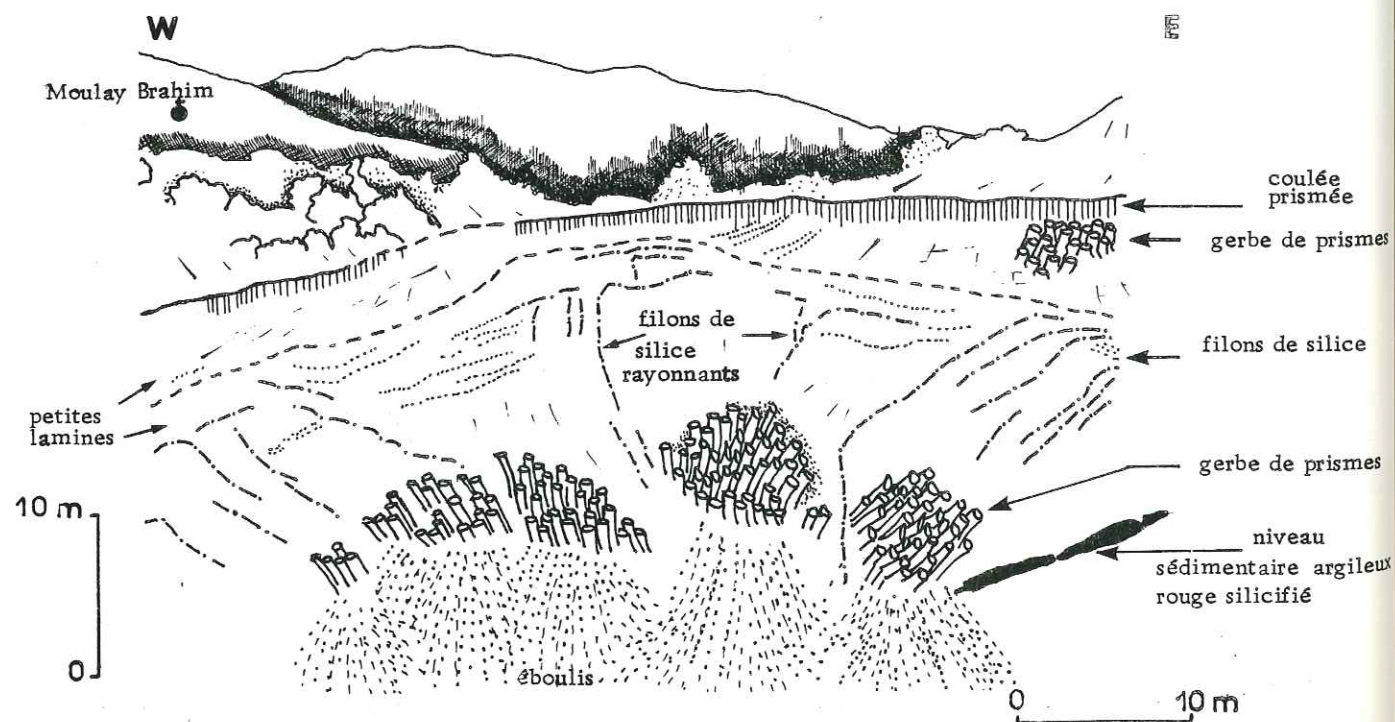


FIG 55 - Centre d'émission d'Asni (Jbel Khelout).

La présence de la zone prismée principale autour de laquelle des filons de silice se disposent de façon radiale, la succession de petits rythmes volcaniques et la présence d'une zone prismée supérieure passant en continuité à une petite coulée prismée de faible épaisseur, m'ont conduit à interpréter ce secteur comme un centre éruptif à caractère polyphasé.

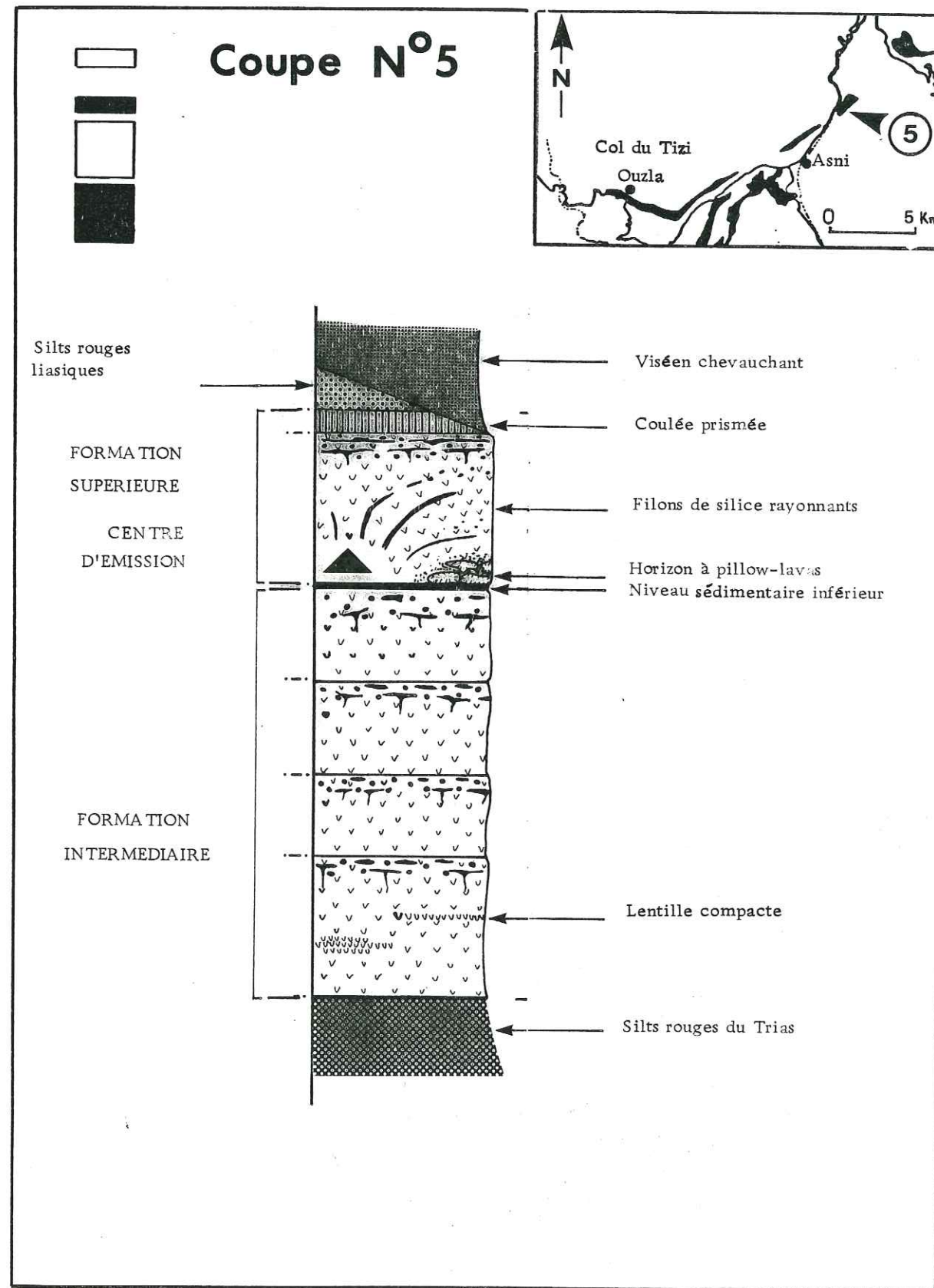


FIG 56 - Log de la coupe d'Asni Jbel Khelout

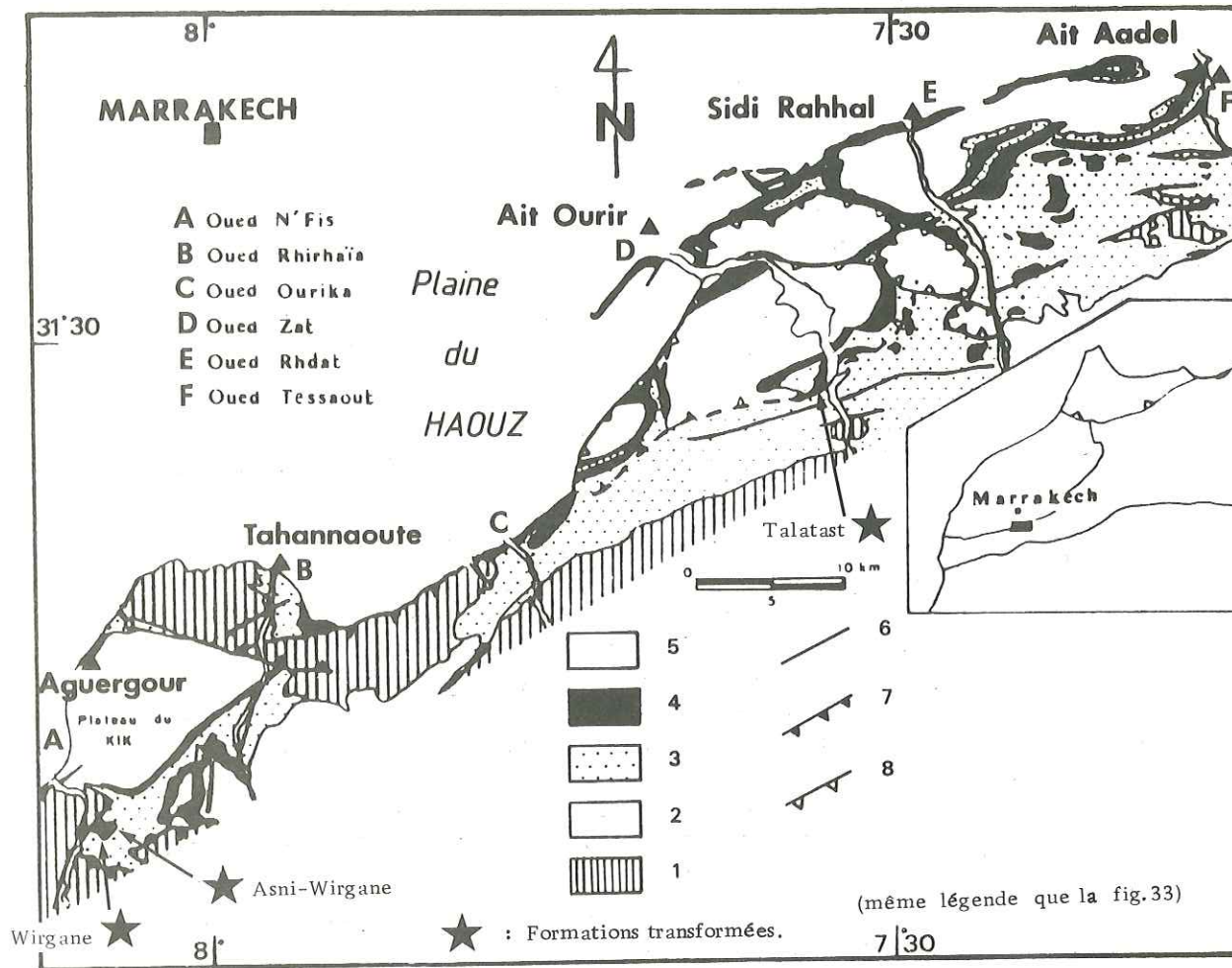


FIG 57 - Localisation des formations transformées dans le Haut-Atlas de Marrakech.

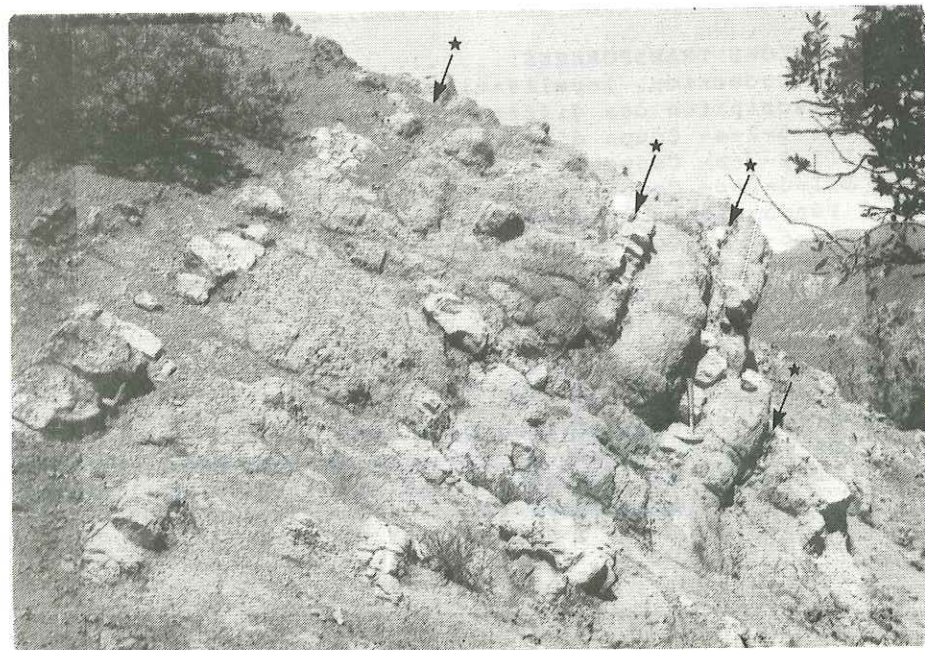


FIG 58 - Sommet de la coulée transformée d'Asni-Wirgane.

★ : Horizons préhnitisés.

III.6- LES FORMATIONS TRANSFORMÉES

III.6.1- INTRODUCTION-LOCALISATION

Quelques coupes présentent à l'affleurement un certain nombre d'aspects particuliers. Il s'agit essentiellement d'horizons plus compacts en sommet de coulée. De façon générale, un degré d'induration de l'ensemble des épanchements de ces secteurs ne permet pas de voir immédiatement le rapport existant entre ces formations et le reste de la série fini-triasique.

Toutefois, pour chaque coupe, l'étude de l'environnement immédiat permet de la recaler stratigraphiquement par rapport aux différentes formations précédemment décrites.

Elles se localisent respectivement dans le secteur d'Asni-Wirgane (fig. 57) et au Sud de la vallée d'Aït Ourir, près du village de Taccourt (fig. 57).

Ces affleurements se localisent tous en bordure sud du secteur étudié, selon une direction parallèle à la chaîne de l'Atlas, et représentent la zone la plus méridionale de la série basaltique sur ce versant nord du Haut Atlas. Ces trois secteurs présentent de grandes similitudes. Par leur positionnement dans la série basaltique, ils se rattachent tous à la Formation Intermédiaire. Ils présentent aussi des analogies de faciès avec l'existence, en sommet de coulée, de niveaux riches en calcite, préhnite et en silice.

Par des particularités propres à chacune des coupes, permettant d'envisager l'aspect pétrologique en rapport avec le contexte de mise en place, ces trois coupes seront traitées séparément.

Dans un second temps, les caractéristiques de ces formations transformées seront résumées afin d'aborder les processus ayant pu conduire à de telles transformations.

III.6.2- DESCRIPTIONS DES DIFFÉRENTES COUPES

III.6.2.a- Coupe Asni-Wirgane (fig 61)

L'originalité de cette coupe est due à des conditions d'affleurement particulières qui permettent d'aborder des phénomènes relatifs à la mise en place des épanchements.

Ce secteur, affecté par une tectonique complexe, ne montre pas la série fini-triasique complète.

Cette coupe comprend un empilement de coulées peu épaisses (5 à 10 m), mais une seule sera étudiée dans le cas présent. Des variations internes de faciès au sein de cet épanchement offrent un intérêt particulier.

L'ensemble des coulées transformées est surmonté par une coulée très saine contenant des petites géodes de silice, qui pourrait correspondre localement à la Formation Supérieure. Dans cette hypothèse, il faudrait donc rattacher l'ensemble de ces coulées transformées à la Formation Intermédiaire. La base de cette formation n'a pas été observée.

Description de la coulée (fig 58)

La base présente un faciès vert fin plus ou moins pulvérulent, avec quelques horizons de lentilles plus dures. La partie sommitale de la coulée, relativement épaisse, est constituée par une intercalation de faciès basaltiques vacuolaires (0,5 à 1,5 m) avec des horizons transformés (0,3 à 0,5 m).

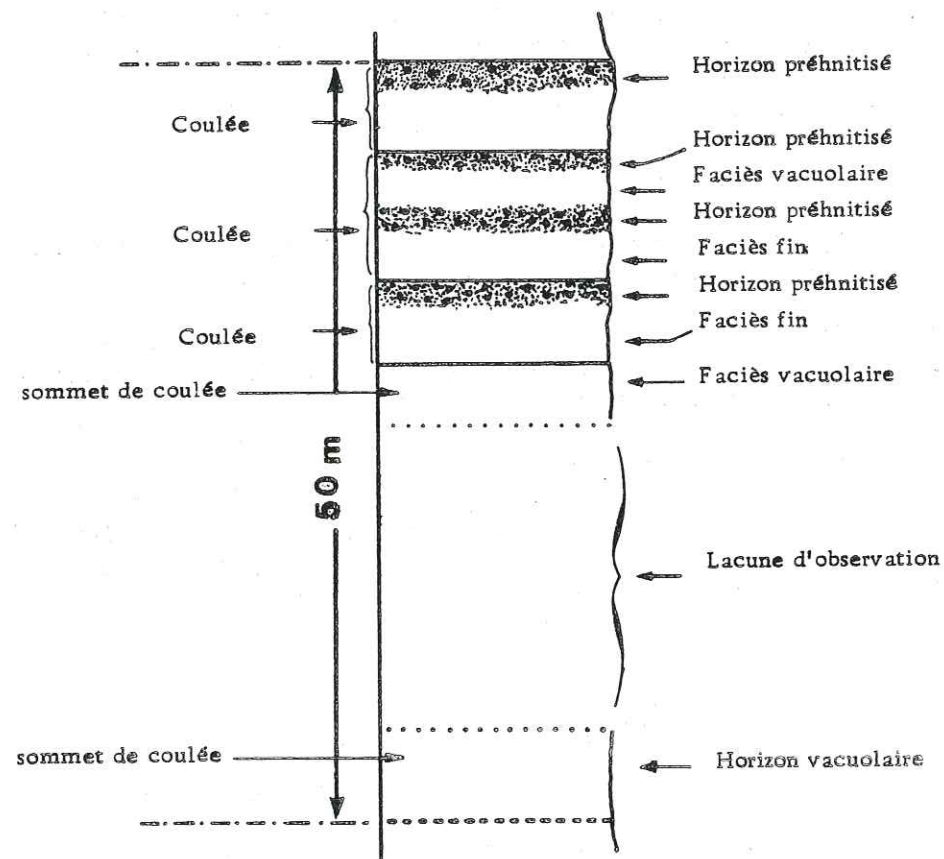


FIG 59 - Log de la coupe de Wirgane
Présence d'horizons transformés, (Préhnite).

Ces horizons transformés contiennent une forte proportion de vacuoles blanches (préhnite, calcite) qui confère à la roche une couleur vert clair d'aspect porcelané. Compte-tenu de leur degré de compaction plus élevé que le basalte lui-même, ces horizons s'individualisent bien au sein de la coulée en présentant des sortes d'échines dans la topographie (fig. 58).

Une telle rythmicité peut recevoir plusieurs interprétations:

- une alimentation polyphasée de l'épanchement par lames successives;
- une différenciation provoquant la ségrégation d'horizons plus riches en fluides.

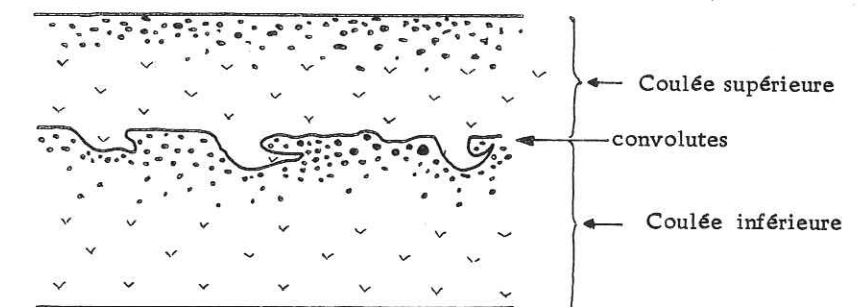
Un passage progressif entre les horizons transformés et les basaltes vacuolaires, plaide en faveur de la seconde hypothèse; toutefois, la proximité des centres éruptifs à 3 km pour les points d'émission du Col du Tizi Ouzla (p. 93) et à 2,5 km pour celui de Marigha (p. 95), permettrait d'argumenter la première hypothèse.

III.6.2.b- Coupe de Wirgane (fig 57-59)

Globalement identique à celle d'Asni-Wirgane, cette coupe ne montre pas à l'affleurement l'existence des différentes coulées

Le passage parfois brutal entre des niveaux fins et des niveaux vacuolaires sans zone d'oxydation permet d'établir quelques séparations qui limiteraient différents épanchements (fig. 59).

Chaque émission serait donc matérialisée par la présence de faciès fins à la base et de faciès vacuolaires au sommet. Au sein des faciès de base, des bancs ou lentilles plus dures s'individualisent par leurs aspects microgrenus. A la limite entre deux épanchements, les faciès fins de la coulée supérieure pénètrent sous forme de convolutes dans les faciès vacuolaires du sommet de la coulée inférieure.



Des horizons transformés s'isolent en sommet de coulée comme dans les coulées de la coupe d'Asni-Wirgane.

L'ensemble de ces observations laisse penser que cette série résulte d'une succession de petits épanchements pendant un temps très court. Les lentilles dures observées en base de coulée et la présence des horizons transformés au sommet, pourraient résulter d'un processus de différenciation.

A travers le contexte géodynamique des épanchements, cette différenciation serait le résultat du processus suivant:

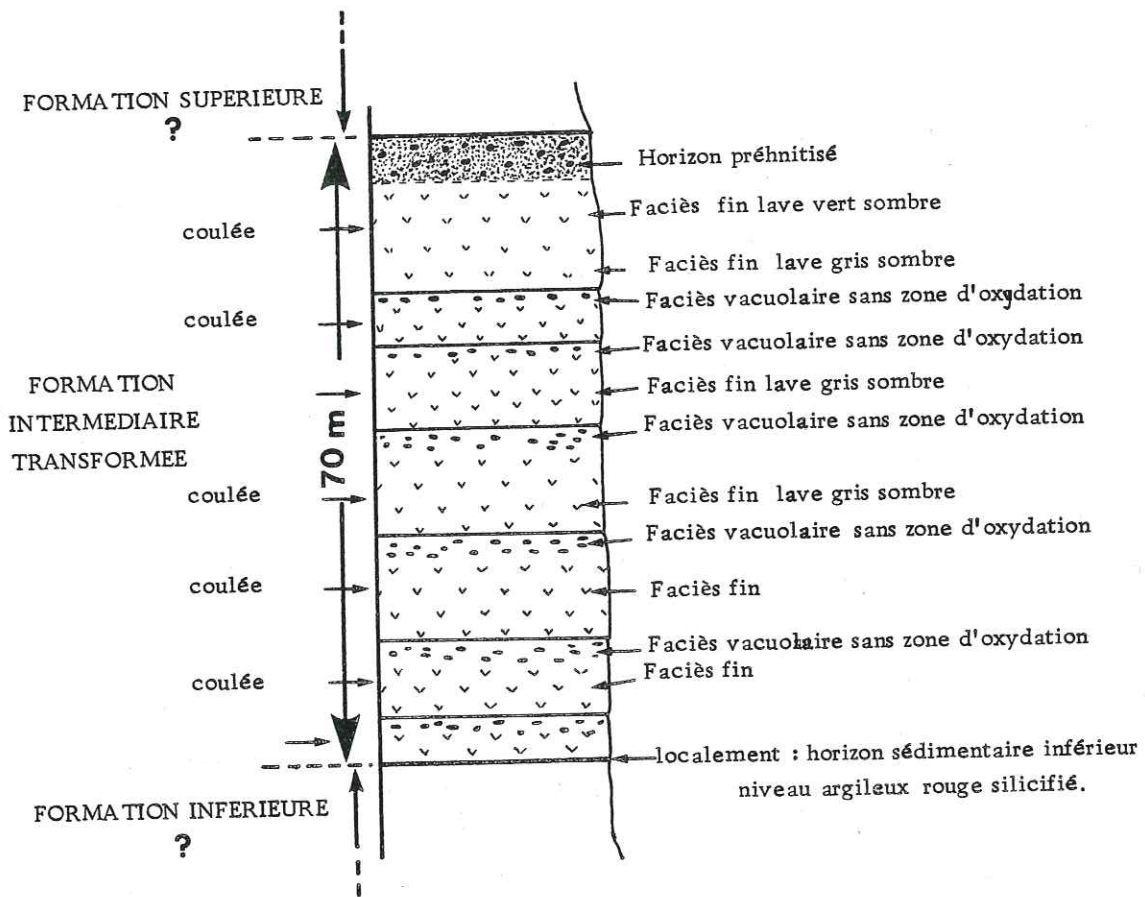


FIG 60 - La Formation Intermédiaire transformée de Talatast (S. d'Ait Ourir).

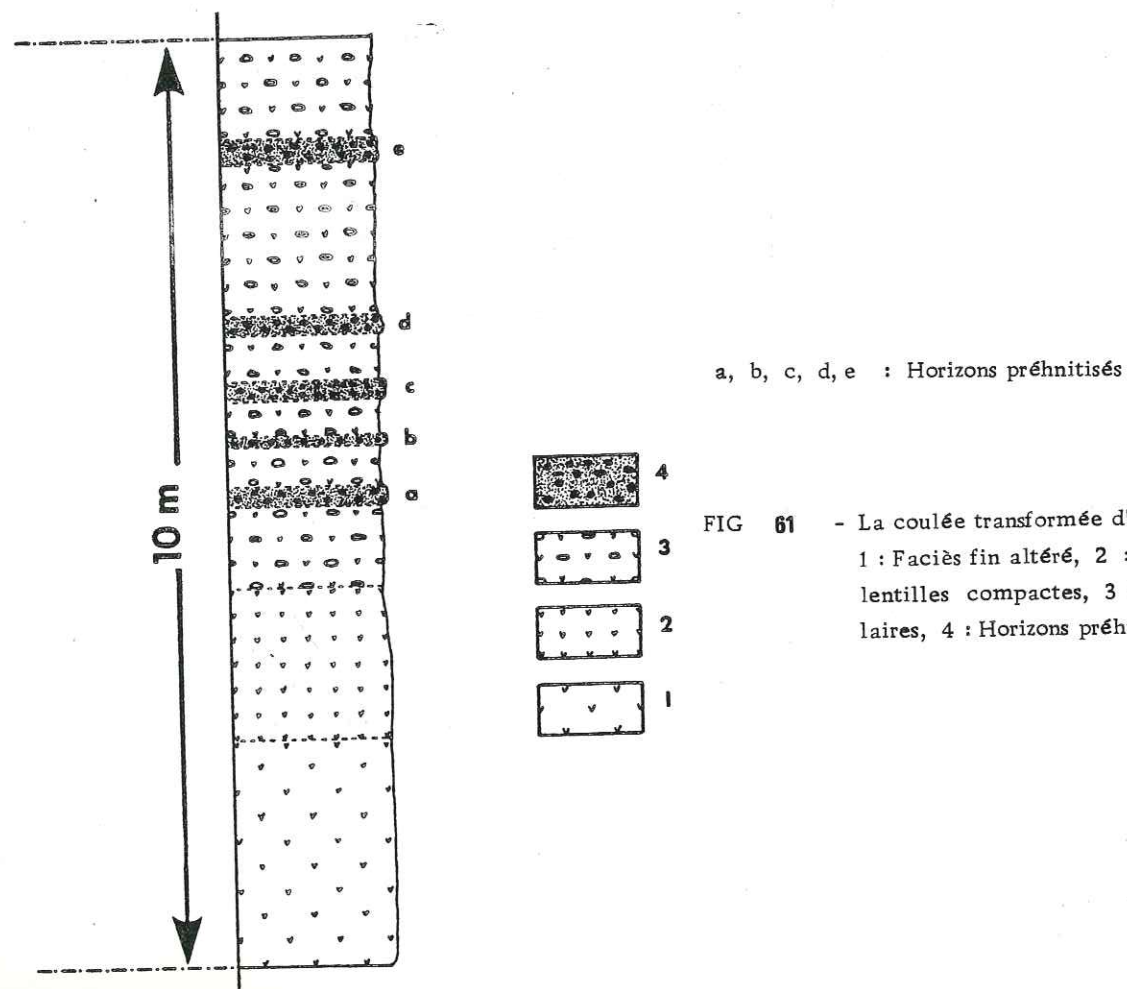


FIG 61 - La coulée transformée d'Asni-Wirgane.
1 : Faciès fin altéré, 2 : Faciès fin en lentilles compactes, 3 : Faciès vacuolaires, 4 : Horizons préhnitisés.

Une coulée conserverait une température élevée plus longtemps; ceci serait propice à l'établissement d'une différenciation au sein de cette dernière, à partir du moment où, immédiatement après son épanchement, elle serait recouverte par une seconde émission.

La proximité de cette coupe avec les centres éruptifs semble constituer un environnement de mise en place favorable à de telles observations.

III.6.2.c- Coupe de Talatast (fig 57, 60)

La série basaltique se présente localement sous forme d'une falaise de 70 m de puissance au sein de laquelle il reste difficile de distinguer différentes coulées.

Chaque épanchement présente une compaction sur toute son épaisseur, et les faciès vacuolaires de sommet de coulée, non oxydés dans le cas présent, ne s'individualisent pas dans la topographie.

La limite entre deux émissions est visible, mais est à rechercher avec beaucoup d'attention (limite entre faciès fin et faciès vacuolaire).

Il a été néanmoins possible de discerner, au sein de cet affleurement, six coulées distinctes de 3 à 15 m de puissance chacune et qui peuvent être rattachées à ces formations transformées (fig. 60).

Si l'on observe l'environnement immédiat de cette coupe, il semble que l'on puisse la recaler dans la série fini-triasique. A la base de la falaise, un niveau sédimentaire argileux rouge, localement remanié dans la partie basale d'une coulée, permet de définir la limite entre la Formation Inférieure et la Formation Intermédiaire.

Cet affleurement correspondrait donc à la Formation Intermédiaire, localement transformée, au même titre que les formations observées à Asni-Wirgane et à Wirgane. Elle est surmontée ponctuellement par une coulée compacte constituée par une lave très fine à géodes de quartz (cf. coupe Sidi Rahhal, p. 83) qui pourrait être assimilée à la Formation Supérieure. Dans cette hypothèse, il faut envisager une lacune locale du niveau sédimentaire lacustre (niveau sédimentaire supérieur).

Pour cette coupe je ne décrirai qu'une seule coulée, présentant un ensemble de caractères qui confèrent à ce secteur un intérêt particulier et permettent de le rattacher à la coupe d'Asni-Wirgane

Cette coulée, de 15 m de puissance, forme une sorte de promontoire au sommet de la falaise et représente le dernier épanchement de la Formation Intermédiaire. Elle surmonte un ensemble de coulées peu épaisses (3 à 7 m de puissance chacune).

Cet épanchement est caractérisé depuis la base jusqu'au sommet par le passage progressif depuis un faciès de couleur gris sombre à un faciès vert clair à blanc porcelané, très riche en vacuoles de préhnite et de calcite. Une telle succession de faciès n'est pas sans rappeler la coulée décrite à Asni-Wirgane.

III.6.3- PETROGRAPHIE ET MINERALOGIE

Seules deux coulées, celle d'Asni-Wirgane et celle de Talastat, seront décrites.

III.6.3.a- Coulée d'Asni Wirgane (fig 62)

a) Faciès de base (MAPH 165)

Il s'agit d'une lave à structure microlitique porphyrique.

Les microphénocristaux (30 % du volume).

- Les augites présentant une macle en sablier (0,2 à 1 mm);
- Les plagioclases en baguettes allongées (0,5 à 1 mm) ont une composition de labrador;
- Des associations symplectiques de pyroxènes et de plagioclases formant des agglomérats (0,5 à 1 mm);
- Des olivines se présentent toujours sous forme de reliques soulignées par une bordure hématitique et pseudomorphosée par de la silice (Q engrené). Cette pseudomorphose d'origine hydrothermale correspond sans doute à la circulation d'une phase siliceuse tardive par rapport à la mise en place.

La mésostase

Elle est composée par une pâte cryptocristalline à microlitique dans laquelle s'observe la présence de microlites de pyroxènes et de plagioclases.

b) Faciès intermédiaire (MAPH 168)

Il s'agit d'une lave à structure microlitique porphyrique.

Les microphénocristaux (10 % du volume)

- Les augites (0,2 à 0,7 mm) montrent une zonation que soulignent les franges d'oxydes de fer;
- Les plagioclases ont des teneurs en anorthite variables (labrador = oligoclase);
- Les associations symplectiques plagioclases - pyroxènes existent mais sont moins nombreuses que dans les faciès de base;
- Aucune relique d'olivine n'a été observée.
- Les horizons plus grenus se distinguent de la trame microlitique par une granulométrie plus grossière et semblent associé systématiquement à des vacuoles de quartz. Ces horizons pourraient être comparables aux pegmatitoïdes tels que LACROIX les définissait comme étant le terme final d'une différenciation magmatique sous l'action d'agents volatils. Certains auteurs (REMY 1965, DE G OER 1968, BARD 1980) s'accordent à penser que ces pegmatitoïdes résultent de l'influence d'une phase fluide lors de la cristallisation.

La mésostase

Elle est représentée par une trame finement cristallisée composée de microlites de plagioclases et de pyroxènes (peu fréquents).

c) Faciès de sommet (MAPH 170)

Complètement épigénisé par la préhnite, il est difficile de définir une structure particulière.

Une structure lavique a été observée sous forme de fantômes à la périphérie de ces horizons, au contact avec les laves vacuolaires de sommet de coulée. Toute structure a complètement disparu au coeur de ces horizons préhnitisés.

De la préhnite a été déterminée optiquement, et confirmée par diffractométrie aux R.X. (fig. 67).

Elle se présente sous différents aspects:

- Des plages massives en remplacement des plagioclases et des pyroxènes;
- En enclaves dans les plagioclases;
- Elle tapisse souvent les parois d'une vacuole à remplissage de quartz et/ou calcite, sous forme de concrétions fibro-radiées.

De la chalcopyrite a été localement observée, disséminée dans la roche de façon diffuse en plages de 0,1 à 1 mm.

III.6.3.b- Coulée de Talastat (fig 63)

a) Faciès de base (MAPH 216 - MAPH 215)

Il s'agit d'une dolérite à structure microlitique.

On est en présence d'une cristallisation équi-granulaire de plagioclases et de pyroxènes. Seuls quelques rares microphénocristaux de plagioclases et de pyroxènes, souvent chloritisés, ont été observés.

Les plagioclases

Les teneurs en anorthite des plagioclases sont très variables: les mesures d'angle d'extension sur des sections parallèles à 0,10 ont révélé des compositions allant des labradors jusqu'aux andésines. Les microphénocristaux montrent dans l'ensemble des compositions plus calciques.

Les pyroxènes

Il s'agit d'augite subautomorphe cristallisant sous forme trapue, mais le plus souvent en lattes allongées et maclées.

La mésostase est composée par une pâte cryptocristalline à vitreuse qui peut être assez abondante (25 %).

b) Faciès intermédiaire (MAPH 214)

Il s'agit de dolérite à structure intersertale fine et à gerbes cristallitiques.

Quelques microphénocristaux s'individualisent dans une trame fine à gerbes cristallitiques.

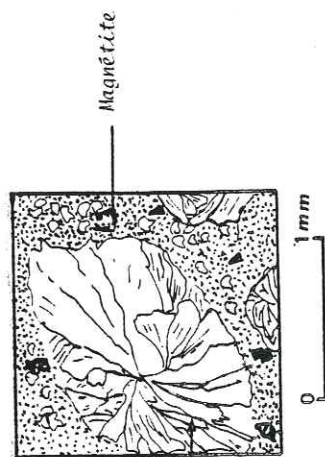
- Les plagioclases

Il s'agit de lattes assez trapues, souvent altérées.

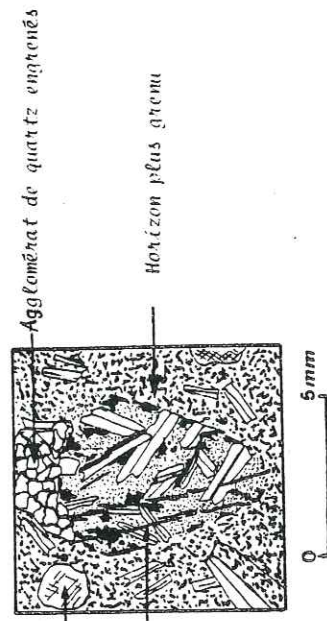
- Les pyroxènes

Il s'agit le plus souvent de cristaux assez trapus, mais des lattes allongées de grande taille (1 mm) ont pu être observées.

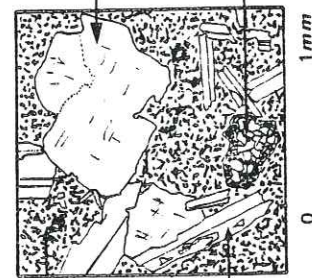
On peut observer des agglomérats de quartz, ceux-ci étant sans doute hérités de la pseudomorphose de péridots dont certaines craquelures sont encore observables en L.N. Ils ne sont pas séparés de la trame lavique et semblent appartenir au cortège cristallin. Une telle observation peut confirmer l'origine précoce de la phase fluide siliceuse.



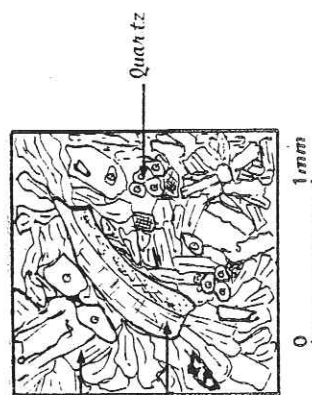
Magnétite
FACIES DE SOMMET
DE COULEE
Préhnite



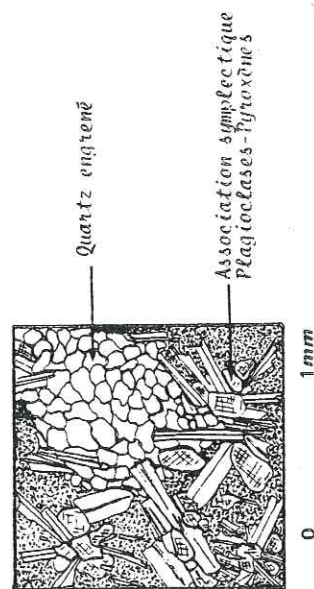
Pyroxène
FACIES INTERMEDIAIRE
Magnétite
Agglomérat de quartz engrenés
Horizon plus grenu



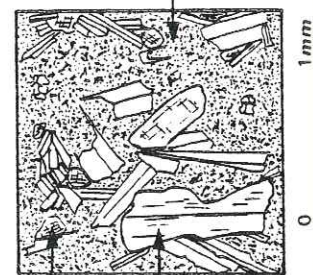
Mésostase
FACIES DE BASE DE
DE COULEE
Pyroxène
Quartz engrené = pseudomorphose
d'olivine ?
Plagioclase



Préhnite
Pyroxène
FACIES DE SOMMET
DE COULEE



Quartz engrené
Association symplectique
plagioclases - pyroxènes
FACIES INTERMEDIAIRE
Mésostase euhédrale cristalline



Pyroxène
FACIES DE BASE DE
COULEE
Plagioclase

FIG 62 - Facies pétrographiques d'Asni-Wirgane.

FIG 63 - Facies pétrographiques de Talatast.

Des lattes de plagioclases passent en continuité depuis la trame cristalline jusqu'à l'intérieur de l'agrégat. Ils argumentent la contemporanéité du fluide siliceux avec la mise en place.

Certains agrégats de quartz s'entourent d'une frange d'oxyde de fer et/ou de chlorite et peuvent correspondre soit à des pseudomorphoses d'olivines (cf. Asni-Wirgane), soit à des vacuoles.

Autour des vacuoles, la lave cristallise très finement.

Cette phase finement cristallisée a fait l'objet d'une étude particulière.

La coexistence des agrégats et des vacuoles de silice plaiderait en faveur d'une phase fluide tardive qui, pseudomorphosant les olivines, évoluerait en agrégats. Cette même phase fluide s'individualiserait en sommet de coulée sous forme de vacuoles.

Cette observation se trouve confortée par les travaux de FLORKE (1982) qui admet que la silice exprimée sous forme de quartz dans les vacuoles, aurait une origine magmatique.

La mésostase

Elle est essentiellement composée par une trame cristalline (plagioclases et pyroxènes) à vitreuse.

c) Facies de sommet (MAPH 210)

Il s'agit de dolérite à structure intersertale partiellement épigénisée par de la préhnite.

Une structure lavique apparaît sous forme de reliques, en fantômes dans la lame, et prouve que les horizons préhnitisés épigénisent des niveaux originellement cristallisés.

Ces horizons préhnitisés correspondraient à des zones de circulations préférentielles de fluides ayant fonctionné très tôt après la mise en place.

La présence de lattes allongées et courbées de pyroxène (1 mm) (fig. 63) pourrait plaider en faveur d'une circulation précoce de fluides susceptibles de créer des pressions différentielles au sein de la lave encore fluide et de déformer les cristaux au cours de leur cristallisation. Des vacuoles de chlorites vertes en structure botryoidale ont été observées.

III.6.3.c- Conclusions

Les structures et la minéralogie des coulées d'Asni-Wirgane et Talatast présentent de grandes similitudes par :

- Des structures fines microlitiques ou en gerbes cristallitiques;
- La présence de niveaux plus grenus. Il semble que cela soit moins net à Talatast, mais des horizons (lentilles de quelques centimètres) où la taille de certains minéraux est relativement plus importante que dans le reste de la lave pourraient être rattachés aux niveaux plus grenus observés à Asni-Wirgane.
- L'existence de niveaux partiellement ou complètement épigénisés par de la préhnite qui pourraient être assimilés à des horizons de circulation préférentielle de fluide dans une coulée en voie de différenciation.

III.6.4- Etude géochimique

Une étude géochimique des éléments majeurs et d'un certain nombre de traces a été effectuée au sein de la coulée d'Asni-Wirgane et de celle de Talatast.

Les résultats sont reportés dans les tableaux 2.3 p 195-196

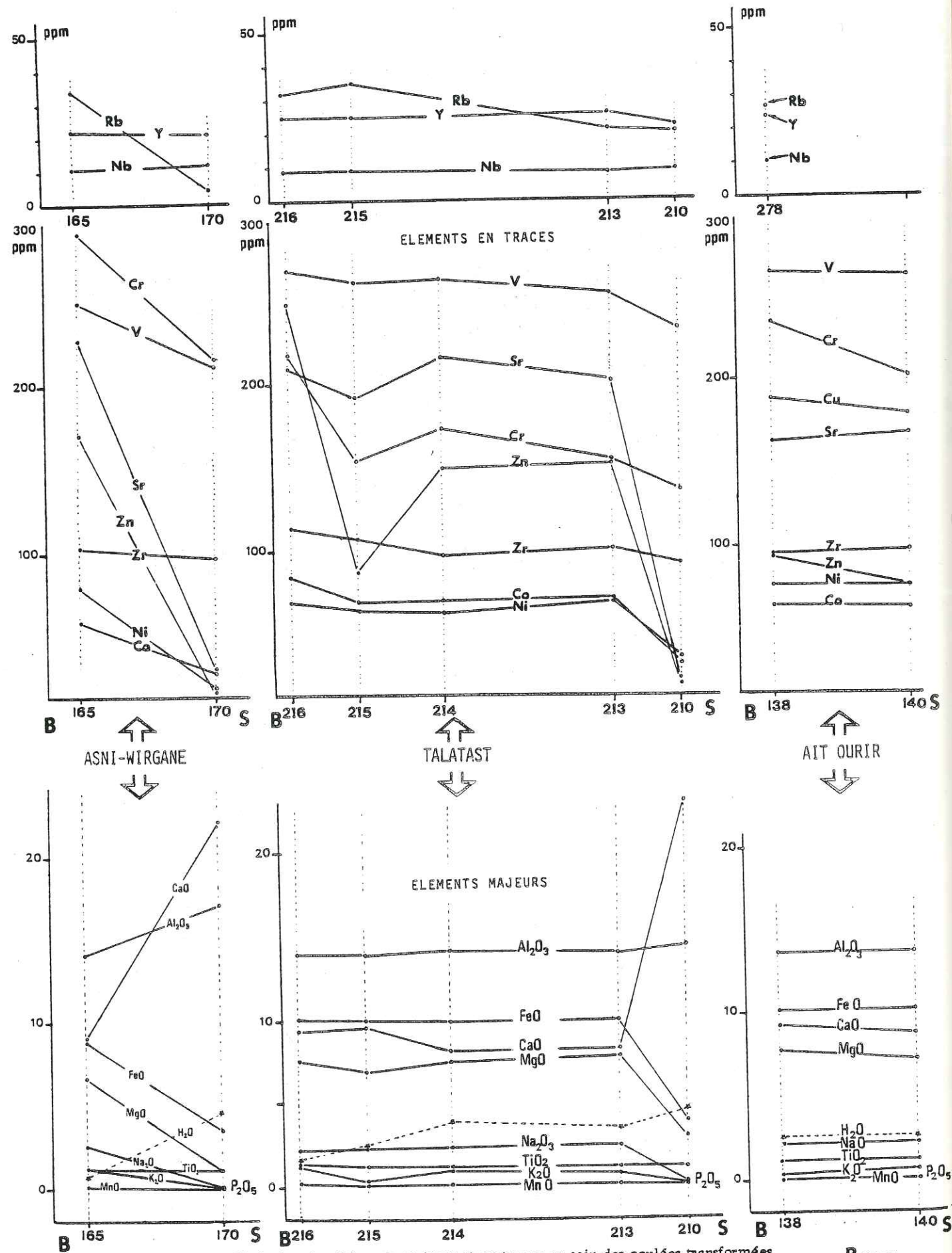


FIG 64 - Variation des éléments majeurs et en traces au sein des coulées transformées d'Asni - Wirgane et de Talatast (Formation Intermédiaire), en référence avec une coulée non transformée de la même formation (Ait Ourir). en abscisse : n° échantillon

B: BASE
S: SOMMET

Afin de mieux visualiser les transformations observées entre la base et les sommets de coulées, des diagrammes (fig. 64) ont été établis.

Ils font apparaître les teneurs des éléments majeurs (en % pondéraux d'oxyde) (fig. 64) et de certains éléments en traces (ppm) (fig. 64) en fonction de la position des échantillons dans la coulée.

Ces diagrammes ont été comparés pour les majeurs et pour les traces à celui établi pour une coulée non transformée de la même formation (Ait Ourir, coupe n°9).

III.6.4.a- Les majeurs (fig 64)

On observe une brutale augmentation de CaO et Al₂O₃, dans les faciès de sommet de coulée (170-210). Ces pourcentages correspondent à la cristallisation de préhnite et/ou de chlorite.

Le titane ne montre absolument aucune variation. Les teneurs en eau montrent une augmentation vers les sommets de coulée.

Une diminution sensible de MgO, FeO, Na₂O reflète la disparition totale des paragenèses basaltiques (pyroxènes et plagioclases). Dans l'ensemble, une transformation plus modeste observée au sein de la coulée Talatast serait en accord avec les observations microscopiques.

Dans un diagramme A.F.M., ces horizons se distinguent des autres coulées de la Formation Intermédiaire, par une dérive vers le pôle des alcalins. Cette dérive résulterait de la chute de FeO, MgO.

III.6.4.b- Les traces (fig 64)

Les similitudes observées entre les deux coulées pour les éléments majeurs se retrouvent pour les éléments en traces.

Certains éléments comme V et Zr ne semblent pas montrer de variations sensibles de la base jusqu'au sommet. Le Cr montre un léger fléchissement vers les sommets de coulée. Toutefois, les courbes de ces éléments, comparées à celles de la coulée non transformée d'Ait Ourir, ne montrent pas de différence.

Une diminution des éléments Sr, Ni, Co et Zn est observée dans les faciès épigénisés par la préhnite. Ces éléments sont concentrés initialement dans les pyroxènes et les plagioclases. La disparition de ces minéraux serait à l'origine de cette diminution. On constate d'ailleurs une évolution similaire des éléments comme le niobium et le rubidium.

III.6.4.c- Conclusions

La transformation de ces coulées se manifeste par:

- une diminution sensible de FeO, MgO, Na₂O s'accordant avec une diminution des éléments en traces tels que Sr, Ni, Co, Zr, Rb, Nb.

Cette brusque diminution marque la disparition totale de la paragenèse basaltique.

La géochimie conforte l'observation microscopique en montrant une plus faible transformation par la coulée de Talatast.

III.6.5- ESSAI D'INTERPRETATION GENETIQUE

Pour l'ensemble des faciès de ces formations transformées dont les similitudes pétrographiques et géochimiques ont été confirmées (p.110), il faut envisager une action particulière de la phase fluide. La présence de préhnite, de carbonate et d'oligoclase peut trouver une solution par des conditions de température et/ou de pression différentes du reste de la série.

Ces trois coupes offrent un contexte de mise en place particulier, abordé dans les études respectives, qui permet d'apporter un certain nombre d'éléments pouvant guider l'interprétation génétique.

III.6.5.a- Présence de préhnite et phénomène hydrothermal

Il semble que la présence de préhnite, en remplacement d'une paragenèse basaltique initiale, puisse être due à une mise en place particulière des laves.

En effet, l'action d'un métamorphisme à caractère régional, qui pourrait expliquer la présence de zéolites (cf. chapitre II, p.45), doit être écartée dans l'Atlas.

Des travaux récents, reposant sur l'étude de l'altération des basaltes par l'eau de mer, ont révélé l'existence de zéolites, de carbonates, et d'albite (SCARPES 1976, ROBINSON 1977, JUTEAU 1978, LAWRENCE 1978,

Le rattachement de ces faciès transformés à la Formation Intermédiaire, où la présence de pillow-lavas confirme le caractère subaquatique des émissions, m'a conduit à envisager la "préhnitisation" des sommets de coulées comme résultant d'un processus particulier d'altération hydrothermale.

Toutefois, ces faciès ne s'observent que très localement et caractérisent donc des conditions particulières de mise en place. Si la présence d'un fluide hydrothermal, riche en Na, permet d'expliquer la cristallisation d'oligoclase par un échange ionique Na-Ca à partir d'un magma basaltique (cf. p.149), elle n'explique pas l'originalité des horizons ayant subi un véritable lessivage deutérique.

Une circulation rapide des fluides hydrothermaux a été évoquée pour le reste de la série fini-triasique pour expliquer la présence de la phase siliceuse en sommet de coulée. Cette circulation rapide des fluides serait en rapport avec le caractère aérien des émissions, permettant un "dégazage" accéléré de la base.

La présence de niveaux lessivés témoignerait du piégeage de la phase fluide dans la lave.

L'existence d'épanchements sous-aquatiques conduit à envisager des pressions fluides importantes ralentissant ou bloquant complètement le processus de dégazage. Les fluides seraient alors piégés dans la coulée plus longtemps et leur interaction avec cette dernière serait accrue.

MOUSSU (1956) évoquait un problème analogue en montrant que la spilitisation de certains horizons était en rapport avec l'épaisseur de la tranche d'eau surmontant les coulées.

Dans le cas présent, même si certains plagioclases montrent des compositions plus sodiques (oligoclase) que l'ensemble des plagioclases observés dans la série fini-triasique (bytownite-labrador), il me semble particulièrement abusif d'employer le terme de spilitisation. Cette observation ne constitue qu'un étage d'un processus qui peut parfois conduire jusqu'à la formation d'une paragenèse spilitique.

Les premières observations (p.101) confirment l'existence de coulées peu épaisses se succédant dans le temps à un rythme très rapide, chaque coulée étant recouverte avant son refroidissement total.

Le fluide hydrothermal de la coulée sous-jacente est alors piégé au sommet de celle-ci. Cette même coulée conserve donc une température élevée plus longtemps. Son refroidissement, alors comparable à celui d'un corps intrusif, expliquerait peut-être les différenciations observées au sein d'un même épanchement.

III.6.5.b- Les indices de différenciation du liquide magmatique

- la concentration très élevée des olivines uniquement dans les faciès de base (dans les coulées non transformées, les olivines se concentrent à la base, mais existent aussi dans les sommets des épanchements);
- la présence de pyroxènes zonés dans les faciès supérieurs à proximité des horizons épigénisés en préhnite;
- l'existence d'horizons plus grenus particulièrement bien individualisés dans la coulée d'Asni-Wirgane. Ceux-ci sont plus diffus dans la coulée de Talatast. Ils se situent toujours dans la partie médiane de chaque épanchement.

WRIGHT et OKAMURA (1977) ont décrit des faciès de ce type dans des lacs de lave, sous la croûte superficielle refroidie. Ces auteurs donnent plusieurs interprétations à l'origine de ces faciès:

- par la présence de mouvements de convection à l'intérieur du lac;
 - par injection, sous l'action de gaz qui s'échappent par des fissures de la croûte, d'un liquide différencié ainsi produit;
 - la dernière hypothèse envisagée par ces auteurs me semble pouvoir répondre tout au moins partiellement au cas des laves de l'Atlas
- L'action des gaz et des fluides est montrée par l'apparition de minéraux pneumatolytiques, quartz et, ponctuellement, la chalcopyrite.

III.6.5.c- Essai d'interprétation génétique

L'alternance d'horizons préhnitisés et de niveaux basaltiques vacuolaires, interprétée initialement comme une alimentation saccadée d'un même épanchement, pourrait correspondre à un processus de différenciation gravitaire par individualisation des horizons riches en fluides dans les sommets de chaque épanchement.

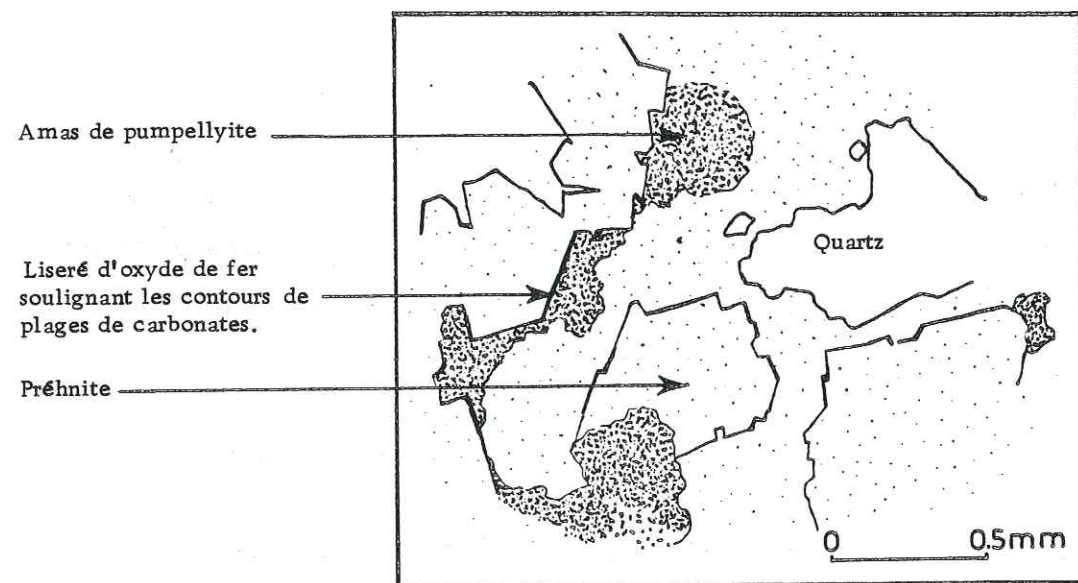


FIG 65 - Pseudomorphose de carbonates par de la préhnite dans les horizons supérieurs des coulées transformées.

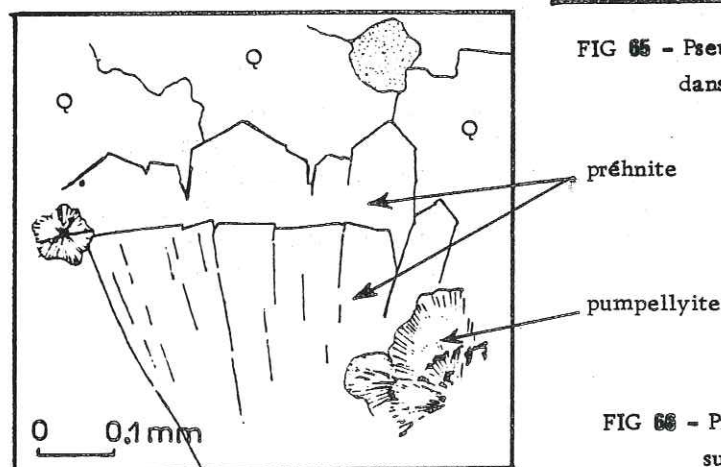


FIG 66 - Préhnite et pumpellyite dans les horizons supérieurs des coulées transformées.

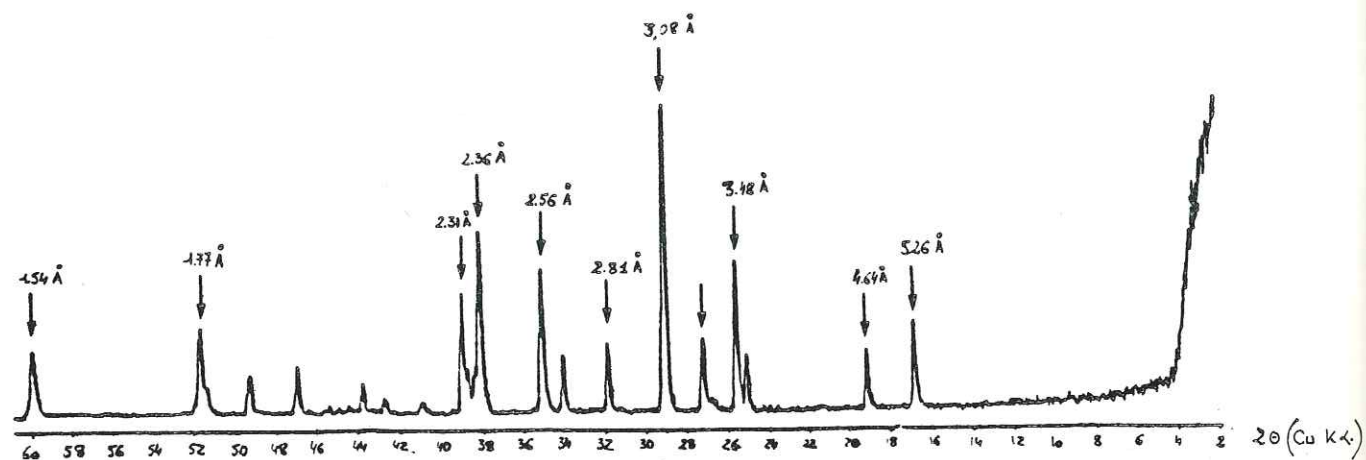


FIG 67 - Diffractogramme R. X. de la préhnite (Formation transformée).

Les observations au sein d'horizons préhnitisés montrent que la préhnite épigénise un faciès antérieur. On observe en effet, au sein des cristaux de préhnite des reliques de rhomboèdres (calcite) que souligne une frange d'oxydes de fer. (fig 65-66)

On pourrait donc imaginer que les horizons transformés correspondent initialement à des niveaux calcitisés qui ont ensuite été préhnitisés, au moins localement et parfois partiellement. Des cristaux de calcite, au sein desquels cristallisent des géodes de préhnite, s'entourant d'un liseré d'oxyde de fer, seraient les témoins d'une calcitisation précoce.

Une augmentation de (P_{CO_2}) par piégeage de la phase fluide dans des horizons particuliers, implique une forte précipitation de calcite.

Ce piégeage est réalisé à partir du moment où une coulée est cachetée par une autre, alors qu'elle est encore chaude.

Une brusque diminution de P_{CO_2} par fracturation au toit de la coulée par exemple s'accompagnerait simultanément:

- d'une augmentation de la silice résiduelle;
- d'une baisse rapide de la température;
- d'une cristallisation rapide de la lave.

Il y aurait donc calcitisation puis préhnitisation avec formation de la préhnite aux dépens de la calcite. Des cristallisations de quartz associées à la préhnite sous forme de gerbes, témoigneraient de la contemporanéité de ces deux minéraux. Certains cristaux de préhnite bien terminés ($\alpha = 100^\circ$) montrent que le quartz est un peu plus tardif. (fig 66)

CONCLUSIONS SUR L'ETUDE DES DIFFERENTES COUPES

III-7 Conclusions sur l'étude des différentes coupes.....	117
III-7-1 les phénomènes de mise en place.....	118
III-7-2 Les processus pétrogénétiques.....	118
III-7-3 Paléogéographie au moment de la mise en place.....	118

III.7- CONCLUSIONS SUR LES DESCRIPTIONS DES DIFFERENTES COUPES

L'étude des différentes coupes apporte des informations sur:

- les phénomènes de mise en place aussi bien à l'échelle d'un épanchement qu'à l'échelle d'une formation;
- certains processus pétrogénétiques;
- la géographie au moment de la mise en place. -

III.7.1- LES PHENOMENES DE MISE EN PLACE

Ils ont été abordés successivement au cours de l'étude des différentes coupes et, dans ce paragraphe, n'en seront résumées que les caractéristiques essentielles.

- L'alignement de certains centres d'émission (Tizi Ouzla) (fig. 52) traduit le caractère fissural des épanchements.
- Une succession de petites coulées peu épaisses (0,5 à 1 m) semble témoigner de la présence, à proximité, d'un centre éruptif.
- Des sommets de coulées scoriacées témoignent du caractère aérien des émissions.
- Une zone oxydée au sommet de certaines coulées peut correspondre à une altération météorique tardive et confirme le caractère aérien des épanchements.
- La présence de pillow-lavas en base de coulée correspond à un épanchement sous-aquatique des émissions, soit sur des sédiments déjà compactés lorsque la matrice interpillow est lavique (fig. 42), soit sur des sédiments encore meubles lorsque la matrice interpillow est sédimentaire.
- L'existence de vacuoles remplies de silice et/ou de carbonate propre à chaque épanchement témoigne d'une activité hydrothermale importante accompagnant chaque émission.

III.7.2- PROCESSUS PETROGENETIQUES

La phase fluide siliceuse propre à chaque épanchement montre par de nombreux critères (filons horizontaux en sommet de chaque coulée, phase cristallitique associée aux vacuoles) son caractère contemporain par rapport à la mise en place.

III.7.3- LA GEOGRAPHIE AU MOMENT DE LA MISE EN PLACE

L'analyse structurale et sédimentologique de la partie occidentale du Haut Atlas a révélé l'existence d'un système de petits horsts et grabens ayant globalement l'allure d'un demi-graben dont l'axe a migré vers le Sud, du Permien au Trias (BIRON, 1982).

Des failles normales limitent les structures, montrant une disposition en échelon selon une direction N 90° ou le long de décrochements N 120°. Un tel contexte résulte d'une distension intracontinentale selon des directions héritées d'une tectonique tardi-hercynienne. Cette distension correspond aux premiers stades de rifting de l'Atlantique (LAVILLE, 1981; PETIT, 1980; PROUST, 1962).

Durant tout le Permien et tout le Trias, le rôle d'une tectonique distensive synsédimentaire est très important. L'Infra-Lias surmontant les épanchements se distingue du Trias par une tendance plus carbonatée, mais garde sur le plan structural de grandes similitudes avec ce dernier.

Le volcanisme fini-triasique du Haut-Atlas ne représente qu'une infime partie d'un épisode magmatique dont les témoins sont présents actuellement, non seulement au Maroc, en Algérie et en Tunisie, mais aussi aux Etats Unis (BERTRAND et al., 1975; MANSPEIZER, 1976).

Si, globalement, il peut être assimilé à une vaste nappe marquant un hiatus dans la sédimentation, il montre que localement il s'insère dans un contexte structural analogue à celui des dépôts des sédiments permien, triasiques et liasiques. La mise en évidence locale d'une tectonique (même modeste) durant la mise en place des basaltes (fig. 45) témoigne de la continuité structurale entre Trias et Infra Lias.

Il semble difficile, à travers le volcanisme seul, d'établir une reconstitution géographique globale au moment de la mise en place mais, néanmoins, de cette étude ressort un certain nombre de particularités.

S'il est possible, dans la zone occidentale, d'esquisser un environnement de mise en place en s'appuyant sur un contexte sédimentaire et structural relativement simple, une telle démarche devient plus hasardeuse dans le secteur oriental où une tectonique chevauchante atlasique a eu un rôle important dans la configuration actuelle des structures.

L'étude des différentes coupes a donc permis de mettre en évidence selon une direction NE-SW, parallèle à l'axe de la chaîne atlasique, deux secteurs distincts dont les caractéristiques sont les suivantes:

- un secteur occidental (Amizmiz-Ourika) où des épaisseurs très variables des différentes formations, voire même l'absence de certaines d'entre elles (Tizi Ouzla, fig. 53), reflètent une paléotopographie assez accusée;
- un secteur oriental où le contact de base avec le terme F6 du Trias sédimentaire (BIRON, 1982) n'est pas toujours observable. De rares affleurements où les basaltes reposent en contact normal sur les sédiments triasiques permettent d'observer que l'épaisseur des différentes formations est constante, et confère à la série une homogénéité qui laisse supposer une paléotopographie relativement plane.

De façon générale, ces deux secteurs s'opposent par:

- la rigidité structurale de la zone occidentale avec une bonne conservation actuelle des structures initiales;
- la souplesse de la tectonique chevauchante atlasique de la zone orientale, qui est localement à l'origine de l'allochtonie de la série basaltique.

Compte-tenu de ces observations, une reconstitution du paléoenvironnement par secteur a été tentée (fig. 68). Elle a été réalisée sans tenir compte de la Formation Récurrente et des sédiments infraliasiques afin de mettre en évidence les rapports pouvant exister entre les Formations Inférieure, Intermédiaire et Supérieure.

A travers ces blocs-diagrammes, on voit qu'il n'est pas nécessaire de faire intervenir une tectonique importante durant la mise en place, pour construire un modèle permettant de retrouver l'ensemble des observations faites au niveau de chaque coupe.

Un tel modèle permet en particulier d'expliquer la lacune de la Formation Intermédiaire au Col du Tizi Ouzla, et la localisation, dans ce même secteur, des centres éruptifs attribués géochimiquement à la Formation Supérieure.

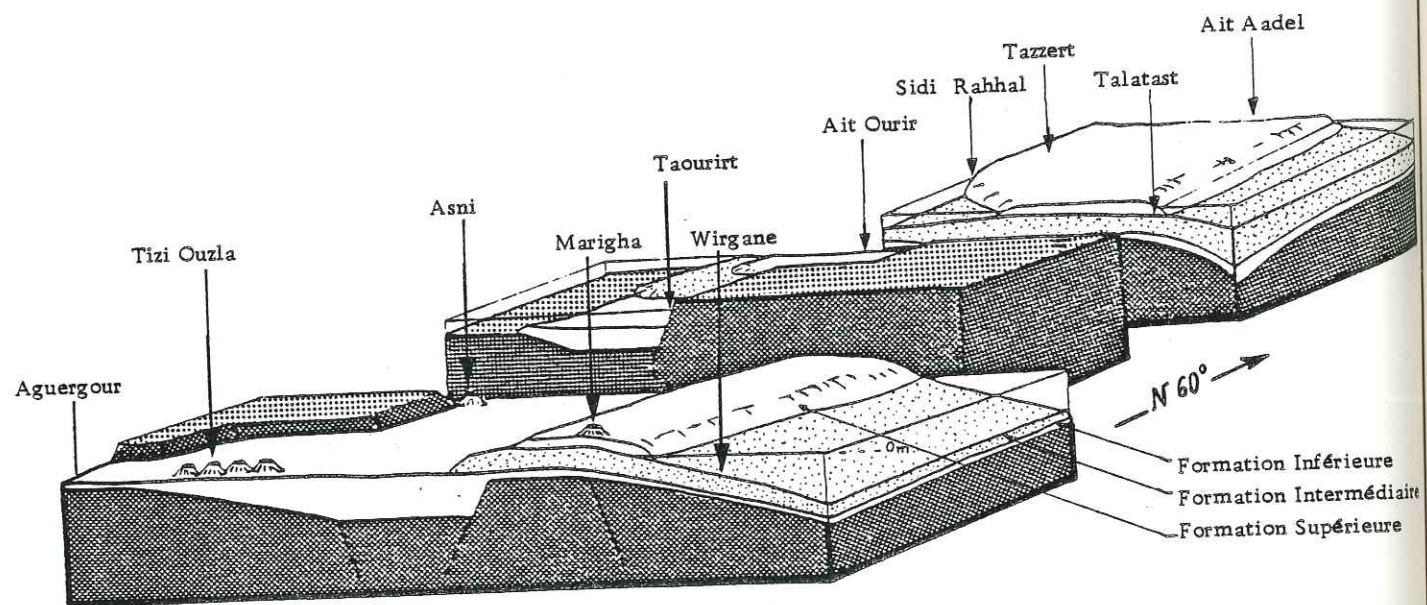


FIG 68 - Essai de reconstitution paléogéographique au moment de la mise en place.

CHAPITRE IV

PETROGRAPHIE - MINERALOGIE - GEOCHIMIE

CHAPITRE IV - PREMIÈRE PARTIE

" PETROGRAPHIE "

I° PARTIE: PETROGRAPHIE.....	123
IV-1 INTRODUCTION.....	125
IV-2 LES DIFFERENTS FACIES.....	127
IV-2-1 Microdolérites porhyriques.....	127
IV-2-1-a- Caractères macroscopiques.....	127
IV-2-1-b- Caractères microscopiques.....	127
IV-2-2 Dolérites à gerbes cristallitiques.....	127
IV-2-2-a- Caractères macroscopiques.....	129
IV-2-2-b- Caractères microscopiques.....	129
IV-2-3 Dolérites à phase cristallitique.....	129
IV-2-3-a- Caractères macroscopiques.....	129
IV-2-3-b- Caractères microscopiques.....	129
IV-2-4 Dolérites à structure intersertale.....	131
IV-2-4-a- Caractères macroscopiques.....	131
IV-2-4-b- Caractères microscopiques.....	131
IV-2-5 Dolérites vacuolaires.....	131
IV-2-5-a- Caractères macroscopiques.....	131
IV-2-5-b- Caractères microscopiques.....	131
IV-3 CONCLUSION.....	132

01 SEP. 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

CHAPITRE IV
PETROGRAPHIE - MINERALOGIE - GEOCHIMIE

PREMIÈRE PARTIE - PÉTROGRAPHIE

IV.I- INTRODUCTION

Il s'agit de roches grises à vert sombre. Très altérées et friables pour les coulées de la Formation Inférieure, elles sont saines et compactes pour les coulées prismées des Formations Intermédiaire et Supérieure, ainsi que pour les gerbes de prismes des centres d'émission.

Macroscopiquement, les distinctions de faciès sont difficilement réalisables, car toutes les roches présentent une même patine d'altération et ne présentent pas, à la cassure, suffisamment de différences pour être discernées les unes des autres.

L'étude de 120 lames minces a permis de mettre en évidence une composition minéralogique assez homogène (Chap IV p133), mais a révélé des structures caractéristiques selon la position des échantillons au sein de chaque épanchement. Ces structures permettent de distinguer cinq grandes familles de faciès qui se répartissent de la façon suivante depuis les faciès les plus fins jusqu'aux faciès les plus grossiers.

- . Microdolérites porphyriques.
- . Dolérites à gerbes cristallitiques.
- . Dolérites à phase cristallitique.
- . Dolérites à structure intersertale.
- . Dolérites vacuolaires.

De telles distinctions montrent que certains faciès se rattachent plus particulièrement à tel type d'épanchement pouvant être lui-même caractéristique de telle formation. En particulier, les dolérites microli-
tiques se rattachent aux coulées prismées de la Formation Intermédiaire ou de la Formation Supérieure. Les faciès en gerbes semblent caractériser les faciès de bordure et sont présents dans les dômes prismés des centres d'émission.

Les conditions même de mise en place, relatives à l'environnement ou propres à l'épanchement, m'ont conduit dans ce chapitre à choisir la diversification dans la description des faciès, pour cerner de plus près les variations verticales et latérales que l'on peut observer au sein de chaque coulée.

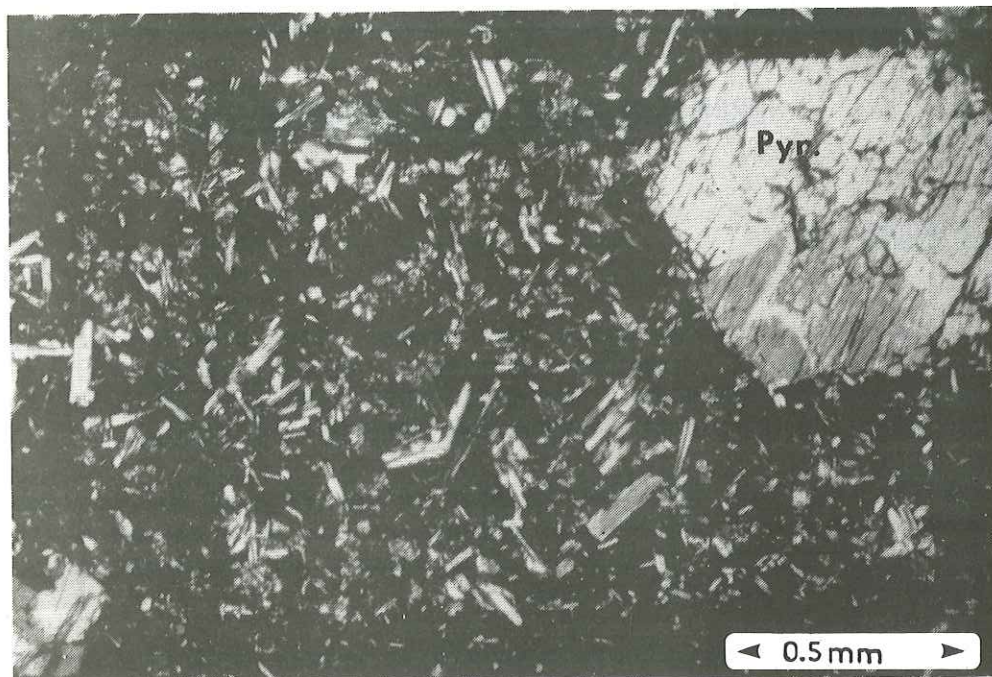


FIG 69 - Microdolerite porphyrique à microphénocristaux de pyroxène (Augite) ;

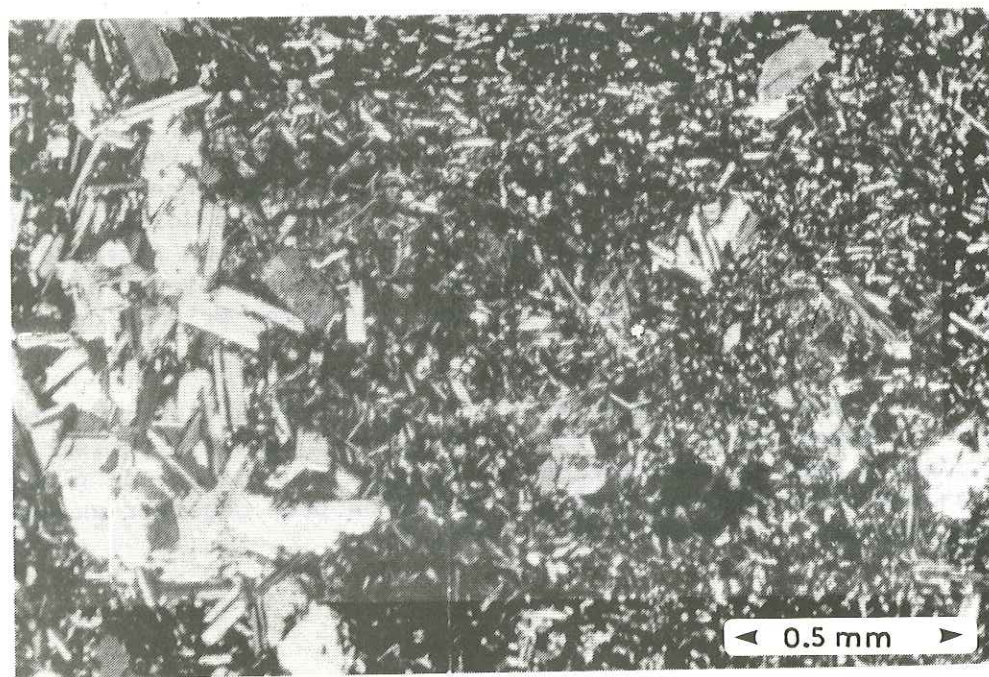


FIG 70 - Microdolerite porphyrique à agglomérat symplectique de plagioclases et de pyroxènes.

IV.2- LES DIFFERENTS FACIES

IV.2.1- LES MICRODOLERITES PORPHYRIQUES

Les microdolerites porphyriques ont été essentiellement observées au niveau des gerbes de prismes des centres éruptifs et aussi au sein des coulées prismées des Formations Intermédiaire et Supérieure. (fig 75)

IV.2.1.a- Les caractères macroscopiques

Il s'agit le plus souvent d'une roche d'aspect compact de couleur vert sombre à rouille montrant en cassure une couleur gris sombre. Les laves sont très souvent prismées.

IV.2.1.b- Les caractères microscopiques (fig 69.70)

Dans une pâte cryptocristalline à microlitique composée d'un assemblage de plagioclases et de pyroxènes, (0,05 - 0,1 mm) s'individualisent des agglomérats microcristallins (1 mm) montrant une association symplectique de plagioclases et de pyroxènes. Certains microphénocristaux de pyroxènes (augite) renferment de façon poecilitique des plages de plagioclase. Des microphénocristaux de plagioclases (1 à 2 mm) renferment des inclusions de phase vitreuse (fig. 79). Les plagioclase de la phase microlitique (An 50) semblent moins calciques que ceux des agglomérats et des phénocristaux (An 60-75).

Les olivines se regroupent en agrégats et sont toujours totalement serpentinisées.

Au sein de la pâte microlitique, des zones chloriteuses (1 mm) plus ou moins vacuolaires, s'accompagnent à leur périphérie d'une cristallisation un peu plus fine. Le fait que ces zones chloriteuses se distinguent très bien des plages vitreuses de couleur brune (0,2 mm) renfermant de nombreuses dendrites de titanomagnétite, confirme leur appartenance à une phase fluide qui a évolué séparément du liquide résiduel ayant conduit à la cristallisation d'un verre.

IV.2.2- LES DOLERITES A GERBES CRISTALLITQUES

Tout comme les microdolerites porphyriques, les dolérites à gerbes cristallitiques affleurent au niveau des centres d'émission dans les faciès prismés et dans les coulées prismées des Formations Intermédiaire et Supérieure. Pour les centres d'émission, ces faciès se trouvent à la périphérie des dômes prismés, mais gardent un caractère plus interne que les microdolerites porphyriques. Ces faciès s'observent aussi à la base des coulées prismées dans les 15 premiers centimètres, c'est-à-dire dans les bordures figées. Ils se trouvent aussi dans les sommets de ces mêmes coulées et marquent souvent un horizon séparant le corps même de la coulée de la zone scoriacée qui la surmonte. Dans les deux cas, il s'agit de faciès de refroidissement rapide. (fig 75)

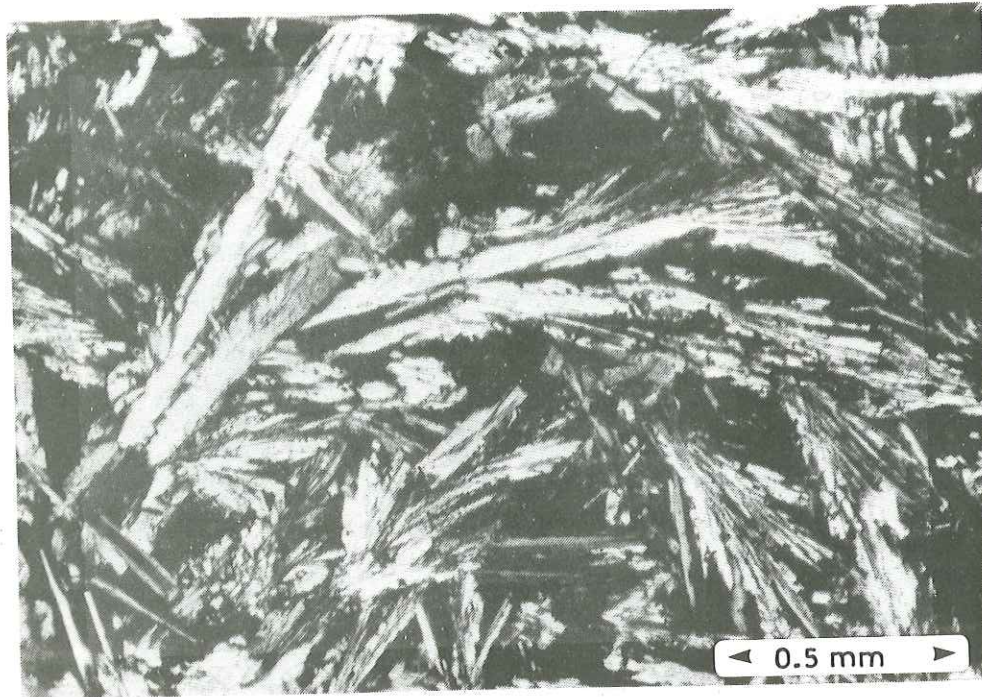


FIG 71 - Dolérite à gerbes cristallitiques.



FIG 72 - Dolérite à phase cristallitique.

IV.2.2.a- Les caractères macroscopiques

Il s'agit de roches d'aspect compact de couleur ocre à vert sombre montrant en cassure une couleur gris sombre. Ce sont le plus souvent des laves prismées.

IV.2.2.b- Les caractères microscopiques (fig 71)

Ces faciès correspondent à une cristallisation de petites gerbes cristallitiques (0,1 - 0,3 mm) ménageant entre elles des espaces où cristallise une phase vitreuse (40 % du volume total de la roche) renfermant de nombreux minéraux opaques.

Des microphénocristaux de pyroxène et de plagioclase sont observés, mais leur pourcentage reste très faible (3 à 5 % du volume total de la roche).

IV.2.3- LES DOLERITES A PHASE CRISTALLITIQUE

Ces faciès se rencontrent indifféremment dans toutes les formations. On peut les observer dans la partie centrale des dômes prismés des centres éruptifs. Dans les coulées, ils apparaissent dans la zone où sont individualisées les vacuoles de silice et où elles ont transité, c'est-à-dire dans la moitié supérieure de chaque épanchement. Il semble en effet que cette phase cristallitique soit directement liée à l'existence d'une phase fluide siliceuse ayant migré vers le sommet des coulées au cours de leur refroidissement. Des queues de cristallisation plus fine témoigneraient du passage de ces vacuoles. (fig 75)

IV.2.3.a- Les caractères macroscopiques

Il s'agit de laves relativement compactes à patine rouille et à cassure gris sombre à gris vert. Dans les dômes prismés, elles se trouvent plutôt au coeur; dans les coulées il s'agit souvent de lentilles plus compactes dans la moitié inférieure de ces dernières.

IV.2.3.b- Les caractères microscopiques (fig 72)

Il s'agit de dolérites à structure intersertale avec des micro-lites de plagioclases (0,5 - 1,0 mm) à terminaisons bifides caractéristiques des faciès de trempe ou de refroidissement rapide. Entre les lattes de plagioclase cristallisent des pyroxènes (15 à 20 % du volume de la roche) et une phase cristallitique. Cette phase interstitielle cristallitique est surtout bien développée autour des vacuoles de silice. Elle est constituée par des cristaux aciculaires (0,2 - 0,4 mm) de plagioclase et de pyroxène associés à une matrice cryptocristalline.

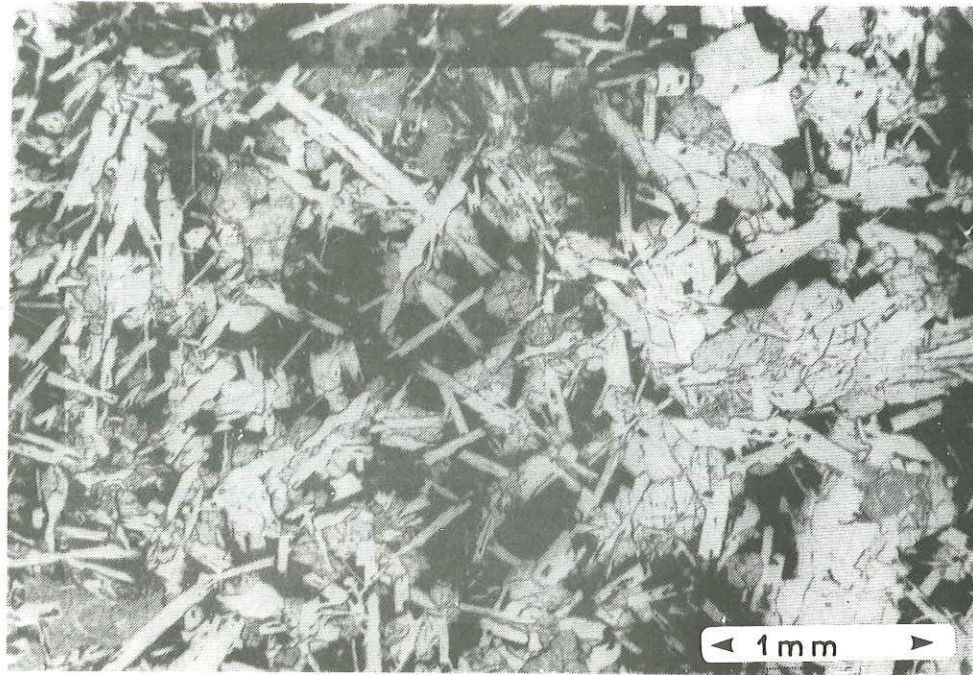


FIG 73 - Dolérite à structure intersertale microgrenue.

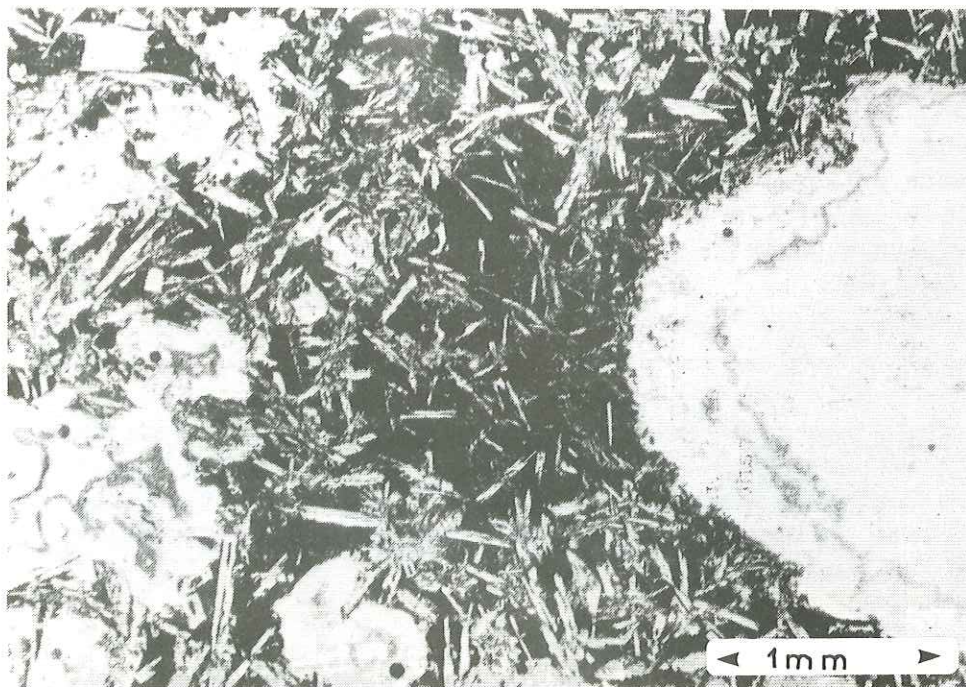


FIG 74 - Dolérite vacuolaire.

IV.2.4- LES DOLERITES A STRUCTURE INTERSERTALE

Ces faciès se rencontrent dans les coulées de la Formation Inférieure et de la Formation Intermédiaire, et essentiellement dans la partie basale de chaque épanchement. Au niveau des centres d'émission, ils ont parfois été observés dans la partie tout à fait centrale des dômes. (fig.75)

IV.2.4.a- Les caractères macroscopiques

Il s'agit de roches d'induration moyenne, très souvent altérées. De couleur ocre à rouille en patine, la cassure laisse apparaître une lave à structure microgrenue de couleur vert sombre à rouille.

IV.2.4.b- Les caractères microscopiques (fig 73)

Entre des lattes de plagioclase (0,5 - 1,5 mm) cristallisent des pyroxènes (0,5 - 1,0 mm). Certains faciès où les plagioclases ne représentent pas plus de 30 à 40 % du volume de la roche montrent une structure subophitique. La phase vitreuse ne dépasse pas 1 à 3 % du volume total de la roche.

IV.2.5- LES DOLERITES VACUOLAIRES

Il s'agit de faciès caractéristiques de sommet de coulées qui s'observent surtout dans les épanchements non prismés de la Formation Inférieure et de la Formation Intermédiaire. (fig.75)

IV.2.5.a- Les caractères macroscopiques

Ce sont des roches à patine rouille et à cassure rouille. Elles sont ponctuées de petites vacuoles de forme arrondie et dont le diamètre est compris entre 5 mm et 2 cm.

IV.2.5.b- Les caractères microscopiques (fig.74)

Deux types de faciès peuvent se distinguer selon que l'on se trouve au sommet d'une coulée non prismée de la Formation Inférieure ou Intermédiaire ou au sommet d'une coulée prismée de la Formation Intermédiaire ou Supérieure.

Dans le premier cas, il s'agit de roches à structure intersertale équigranulaire. Les microphénocristaux ne dépassent pas 1% du volume total de la roche. Les vacuoles de silice (quartz et/ou calcédoine) s'isolent de la trame cristalline par une frange chloriteuse.

Dans le second cas, il s'agit de roches à structure microlitique (p.127); les vacuoles peuvent être séparées de la trame cristalline par un liseré chloriteux, mais parfois la silice (quartz) est en contact avec la phase silicatée.

IV.3- CONCLUSIONS

De cette étude, il ressort que:

Les microdolérites porphyriques caractérisent:

- la base et le sommet des coulées dans les horizons prismés de la Formation Intermédiaire et de la Formation Supérieure (centres éruptifs compris).

Les dolérites à gerbes cristallitiques caractérisent:

- les mêmes horizons que les microdolérites porphyriques, mais dans des faciès un peu plus internes. Toutefois, elles caractérisent systématiquement des laves dont le refroidissement a été rapide.

Les dolérites à phase cristallitique caractérisent:

- les horizons des coulées où s'individualise la phase siliceuse sous forme de vacuoles. Il s'agit souvent de la partie médiane à supérieure de chaque épanchement.

Les dolérites à structure intersertale "microgrenue" caractérisent:

- certains horizons dans la partie inférieure de la coulée;
- certains sommets de coulée très vacuolaires dans la Formation Inférieure. La présence d'une phase fluide n'est sans doute pas étrangère à la croissance plus importante des minéraux.

les dolérites vacuolaires caractérisent:

--toujours le sommet de coulées, mais la structure lavique peut être microlitique à intersertale microgrenue:

- les coeurs des pillow-lavas.

FORMATION INFÉRIEURE	Localisation de la phase fluide siliceuse	FORMATIONS INTERMÉDIAIRE ET SUPÉRIEURE (coulées prismées).
Sommet Dolérites vacuolaires		Sommet Microdolérites
Dolérites à plages cristallitiques		Dolérites à gerbes cristallitiques
Dolérites à structure intersertale microgrenue		Dolérites à plages cristallitiques
Microdolérites porphyriques		Microdolérites porphyriques

FIG 75 - Disposition schématique des différents faciès au sein des épanchements.

CHAPITRE IV - DEUXIÈME PARTIE

" MINERALOGIE "

2° PARTIE: MINERALOGIE..... 133

IV-4 INTRODUCTION..... 135

IV-5 ETUDE DES DIFFERENTS MINERAUX..... 135

IV-5-1 Les olivines..... 135

IV-5-2 Les plagioclases..... 137

IV-5-2-a- Etude optique..... 137

IV-5-2-b- Etude géochimique..... 137

IV-5-3 Les pyroxènes..... 139

IV-5-3-a- Etude optique..... 139

IV-5-3-b- Etude géochimique..... 139

IV-5-4 Les minéraux opaques..... 144

IV-5-5 Les vacuoles..... 145

IV-5-6 Etude de la phase cristallitique autour des vacuoles.... 147

IV-5-6 Les autres minéraux..... 152

IV-5-6-a- L'aérinite..... 152

IV-5-6-b- La montmorillonite..... 153

IV-5-6-c- La préhnite..... 153

IV-5-6-d- La pumpéllite..... 153

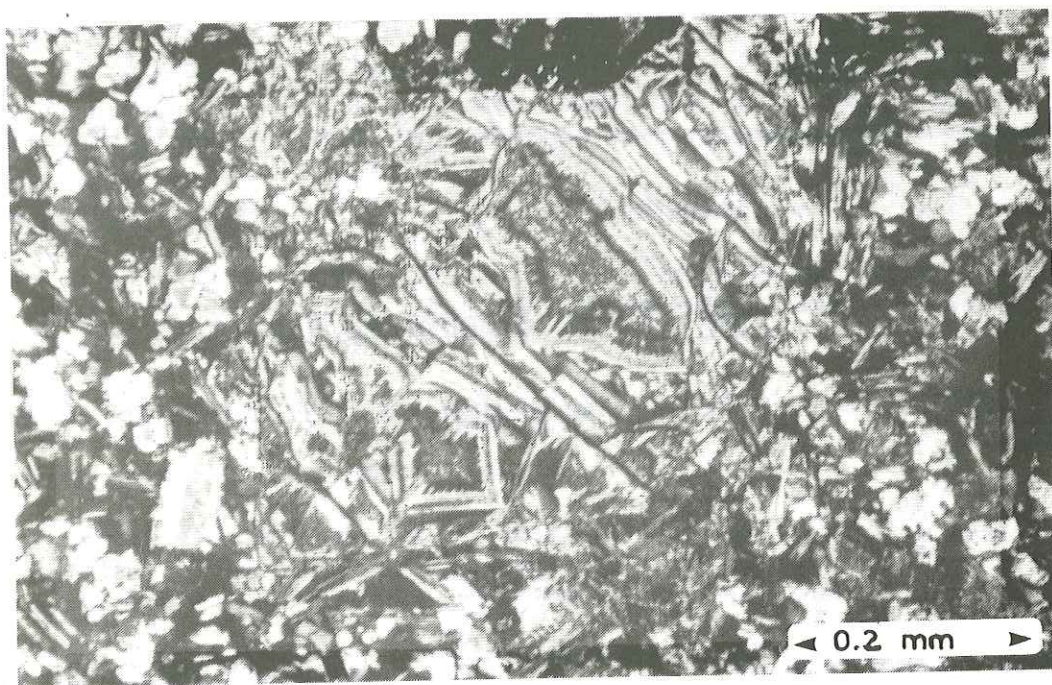


FIG 76 - Olivine serpentinisée. L. P.

Deuxième partie - Minéralogie

IV.4. INTRODUCTION

L'étude minéralogique repose sur l'observation de plus de 100 lames minces.

Un grand nombre d'échantillons a été étudié sur diffractogrammes de poudre, en roche totale, en minéraux séparés, ou en préparation argileuse ($< 2 \mu$).

(Diffractomètre: Institut Dolomieu
Matériel Philips et C.G.R.
Anticathode Cu
Filtre Ni
Monochromateur LiF
Puissance 20 m.A x 40 K V)

Quelques échantillons ont été étudiés par analyses ponctuelles à la microsonde (Matériel Camebax de la Faculté de Montpellier).

Cette étude a montré une homogénéité des paragenèses. Toutefois, les pyroxènes permettent de distinguer trois lignées différentes et constituent un élément de distinction entre les différentes formations.

IV.5- ETUDES DES DIFFERENTS MINERAUX

IV.5.1- LES OLIVINES

Elles se trouvent préférentiellement dans les faciès de base de coulée où elles se regroupent en amas qui peuvent correspondre à une concentration gravitaire lors des premières étapes de la cristallisation du magma pendant sa mise en place (WALKER, 1969).

Elles apparaissent sous deux formes:

- En microphénocristaux (0,2 à 1,0 mm) souvent regroupés en base de coulée;
- En microlites (0,1 à 0,3 mm) dans la mésostase dans les premiers mètres au-dessus de la base de la coulée.

Aucune olivine saine n'a été véritablement observée. Elles se présentent toujours sous la forme de reliques; les pourtours et les craquelures du minéral initial peuvent être bien conservés et soulignés par une frange hématitique.

Le minéral lui-même peut être pseudomorphosé par des serpentines (iddingsite) (fig. 76) et/ou par du quartz ou par des chlorites.

La pseudomorphose par des minéraux phylliteux se fait à partir de craquelures vers le centre du minéral (fig. 76).

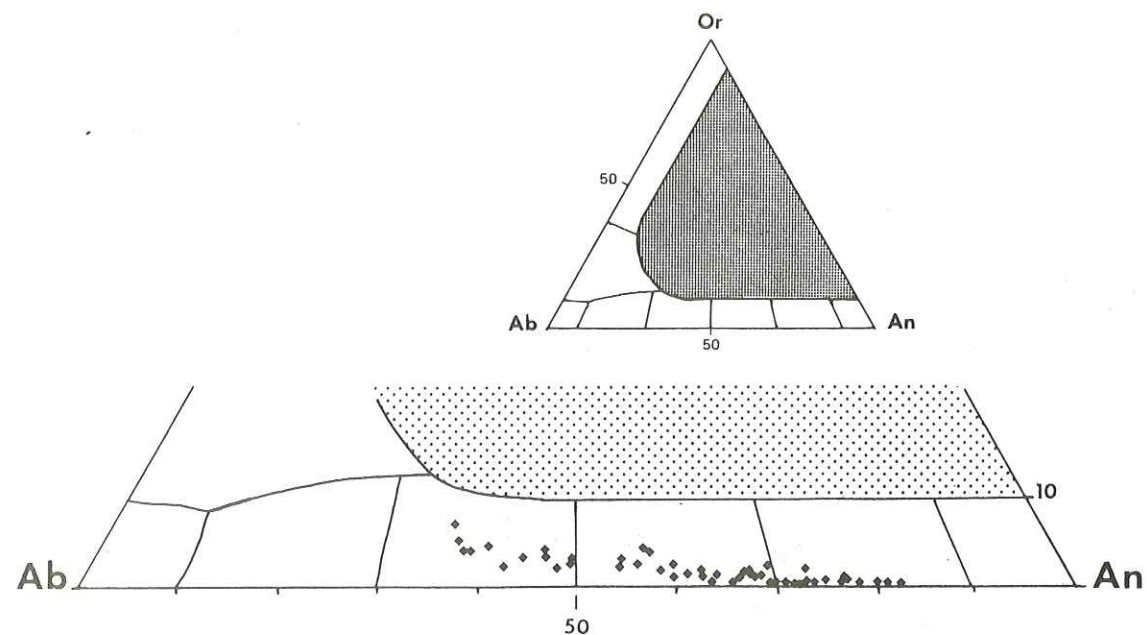


FIG 77 - Diagramme Ab. Or. An. des plagioclases de la série fini-triasique de l'Atlas de Marrakech.

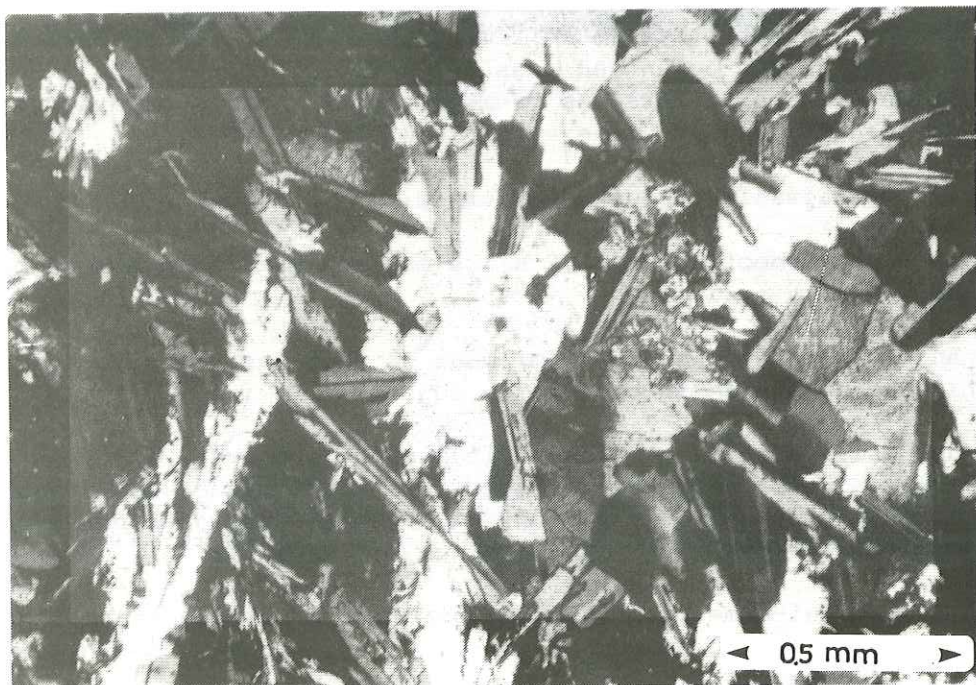


FIG 78 - Association symplectique de pyroxènes et plagioclases

IV.5.2- LES PLAGIOCLASES

Etude optique:

Ils représentent jusqu'à 45 % du volume.

Ils se trouvent sous trois formes:

- Des microphénocristaux (2 à 3 mm) subautomorphes souvent zonés, pouvant représenter 20 à 30 % du volume de la roche (fig 80). Certains phénocristaux renferment des inclusions plus ou moins vitreuses (fig.80).
- Ils cristallisent aussi en croissance symplectique avec des pyroxènes soit sous forme d'agglomérats microgrenus (5 mm) (fig.78), soit sous forme d'associations cristallitiques fines.
- Certains plagioclases semblent cristalliser à partir des pyroxènes (fig. 81) selon deux directions privilégiées correspondant aux deux directions de clivage de ces derniers.

Ils apparaissent dans la mésostase sous forme de fines baguettes (0,3 à 1 mm) souvent à terminaison bifide.

Etude géochimique:

La composition des plagioclases a été déterminée optiquement par des mesures d'angles d'extinction sur des sections normales ou parallèles à 0.10°.

Une étude à la microsonde a été réalisée sur quelques lames concernant la Formation Intermédiaire (MAPH 277-278), la Formation Supérieure et les centres éruptifs (MAPH 103-111-112) et la Formation Récurrente (MAPH 255).

Les résultats sont consignés dans le tableau n° 6.

Une différenciation importante est montrée par un large domaine des pourcentages en anorthite (An 35-82) (fig. 77).

Les microphénocristaux sont plus calciques que les microlites. Dans les faciès les plus différenciés (mésostase et phase cristallitique) les plagioclases montrent une augmentation du pourcentage d'albite par rapport au reste de l'échantillon.

Les plagioclases contenus poecilitiquement dans les pyroxènes sont relativement plus calciques et confirment leur appartenance à des faciès peu différenciés de cristallisation précoce.

La différenciation des plagioclases observée globalement au sein de la série s'observe aussi au sein d'un même échantillon. BERTRAND et al. (1975) soulignaient qu'une différenciation magmatique pouvait être mise en évidence à partir de la composition chimique des plagioclases. Ces mêmes auteurs observaient sans l'expliquer une différenciation au sein d'un même faciès.

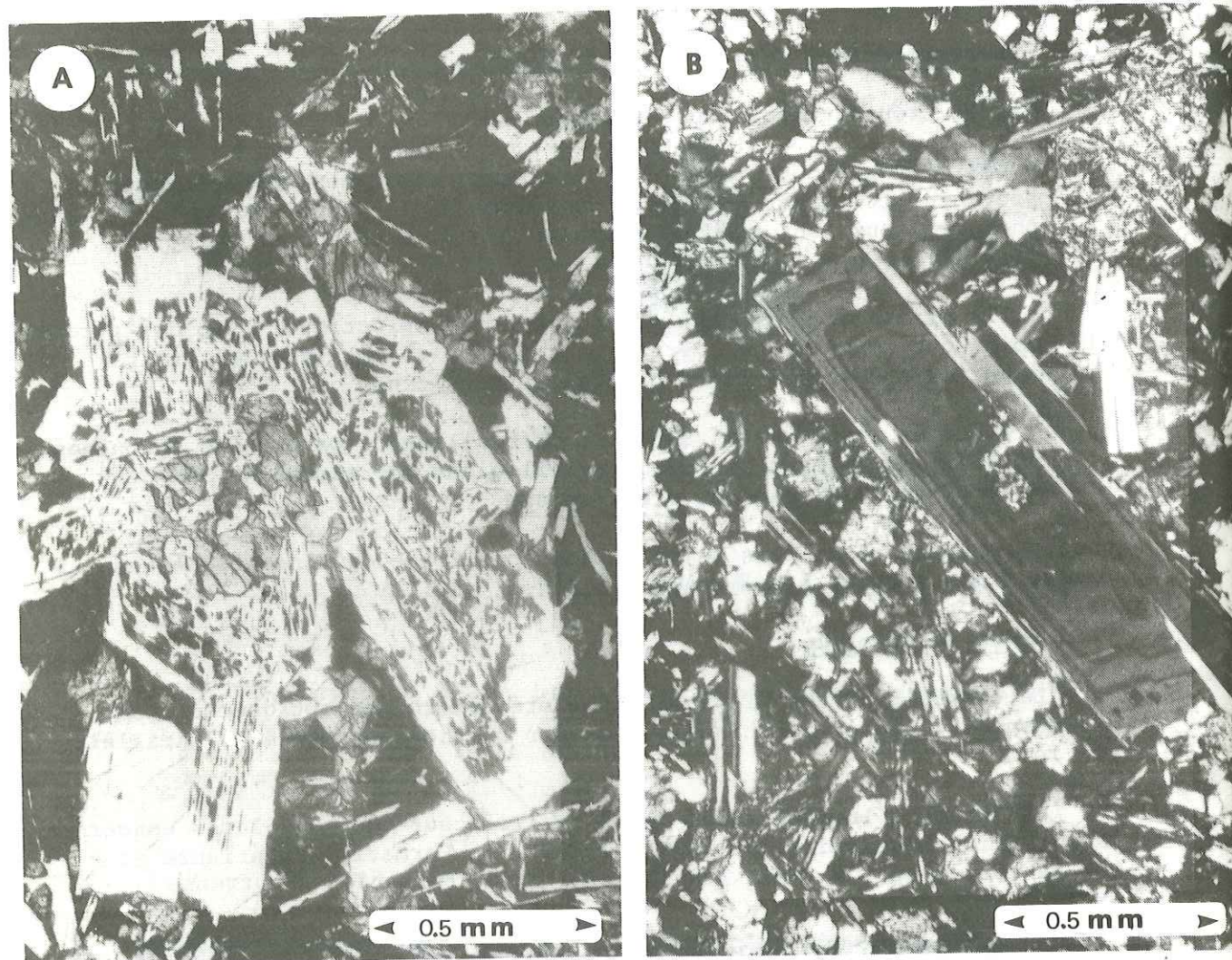


FIG 79 - Plagioclase renfermant des inclusions de phase vitreuse.

FIG 80 - Plagioclase zoné dans une microdolerite

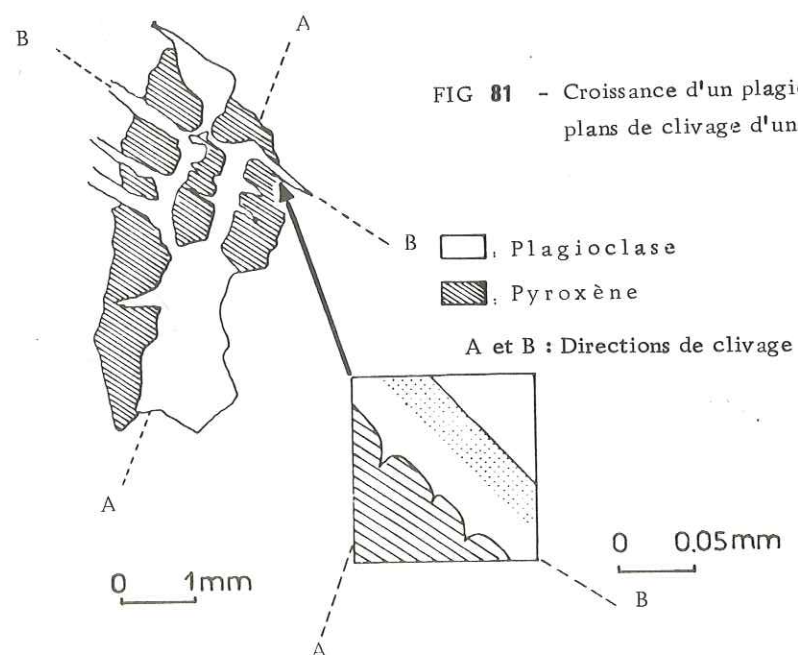


FIG 81 - Croissance d'un plagioclase à partir des plans de clivage d'un pyroxène.

Dans l'échantillon MAPH 173 où une phase cristallitique semble être associée aux vacuoles, une transversale réalisée à la microsonde depuis la trame lavique s. str. jusqu'à la vacuole a montré, au sein des plagioclases, qu'un enrichissement en sodium s'accompagnait simultanément d'un appauvrissement en calcium. L'aluminium a le même comportement que le calcium. (fig. 93)

IV.5.3- LES PYROXENES

Etude optique

Les pyroxènes sont très abondamment représentés dans toute la série, où ils se présentent sous trois formes:

- Des microphénocristaux (1 à 2 mm) d'augite subautomorphes, parfois zonés (fig. 69), mais ne représentant dans ce cas que 10 à 15 % du volume total de la roche.

Certains de ces phénocristaux renferment de façon poecilitique des plagioclases.

- Ils se présentent aussi sous forme xénomorphe (augites) en croissances symplectiques avec des plagioclases. Ces associations symplectiques peuvent être intergranulaires (fig. 73) ou bien en gerbes cristallitiques plus fines (fig. 71).

- Sous forme de microlites (augites et pigeonite) dans la mésostase, où ils cristallisent entre les lattes de plagioclases (structure intersertale) (fig. 73).

Etude géochimique

La composition des pyroxènes a été déterminée sur quelques lames par des analyses ponctuelles à la microsonde (matériel Camebax, Montpellier); l'ensemble des analyses a été regroupé sous le tableau 8. Le diagramme de HESS (1949) permet de distinguer deux familles de clinopyroxènes (fig. 85): les augites et les pigeonites. Il montre toutefois un large éventail de composition avec des augites calco-magnésiennes, des ferro-augites et des pigeonites, ainsi que la cristallisation de quelques pigeonites ferrifères.

Différents trends caractéristiques des lignées tholéitiques ont été observés (fig. 82) et permettent d'esquisser une distinction entre les différentes formations.

Une corrélation positive entre Al/Ti et $Mg/Mg + Mn + Fe$ (fig. 83) montre que le rapport Al/Ti diminue au cours de la cristallisation fractionnée. L'échantillon MAPH 173 décalé vers les valeurs faibles d' Al/Ti montre une différenciation plus importante.

Le diagramme $Ti/Al/Mg/Mg + Mn + Fe$ (fig. 84) permet de mettre en évidence des trends différents selon l'appartenance des pyroxènes à l'une ou à l'autre des formations. Les Formations Intermédiaire et Supérieure ne sont pas discernables l'une de l'autre, seule la Formation Récurrente s'isole.

BERTRAND (1975), sur des échantillons prélevés dans l'Atlas, a montré l'existence de trois groupes présentant des trends différents.

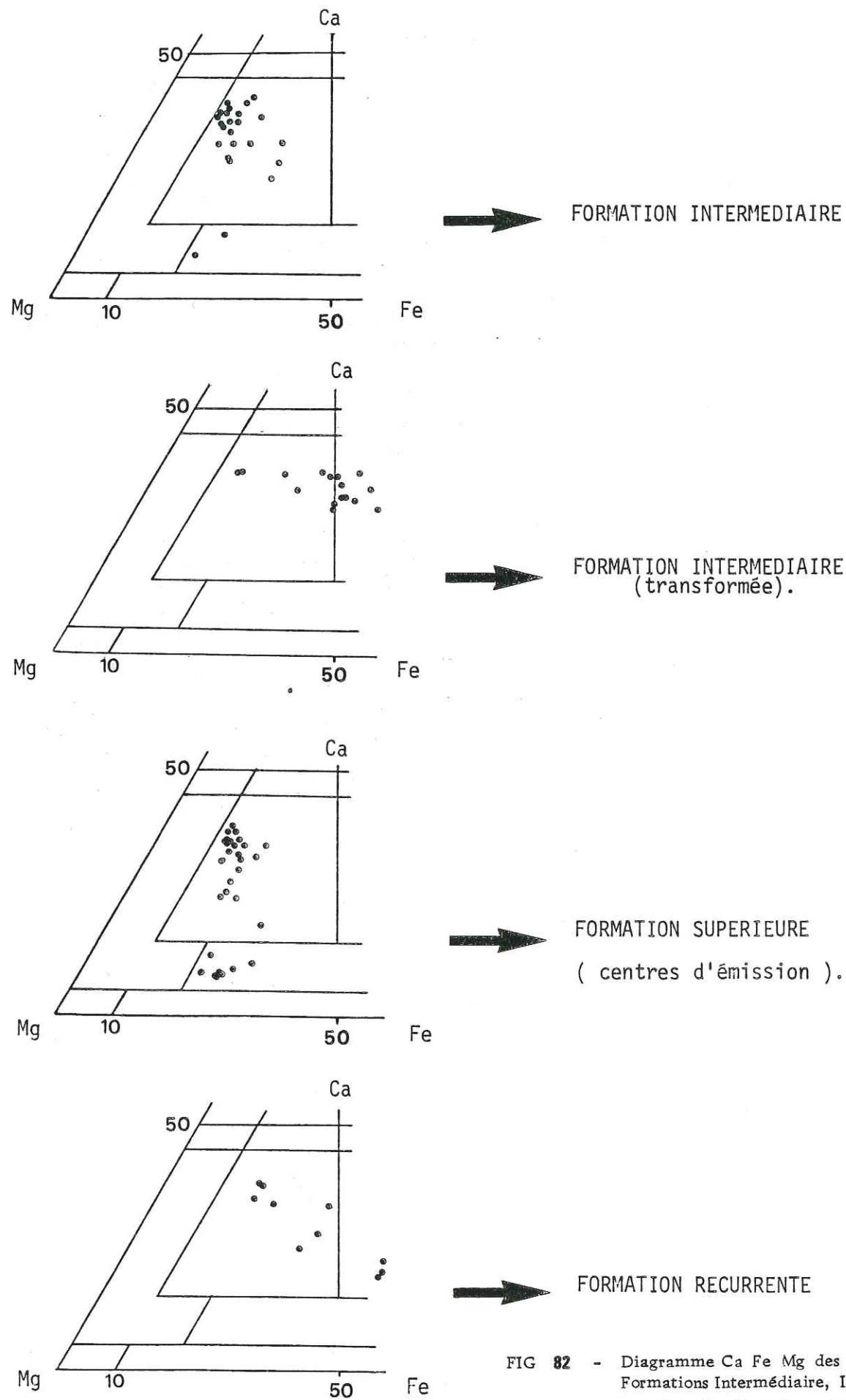


FIG 82 - Diagramme Ca Fe Mg des pyroxènes des Formations Intermédiaire, Intermédiaire transformée, Supérieure et Récurrente.

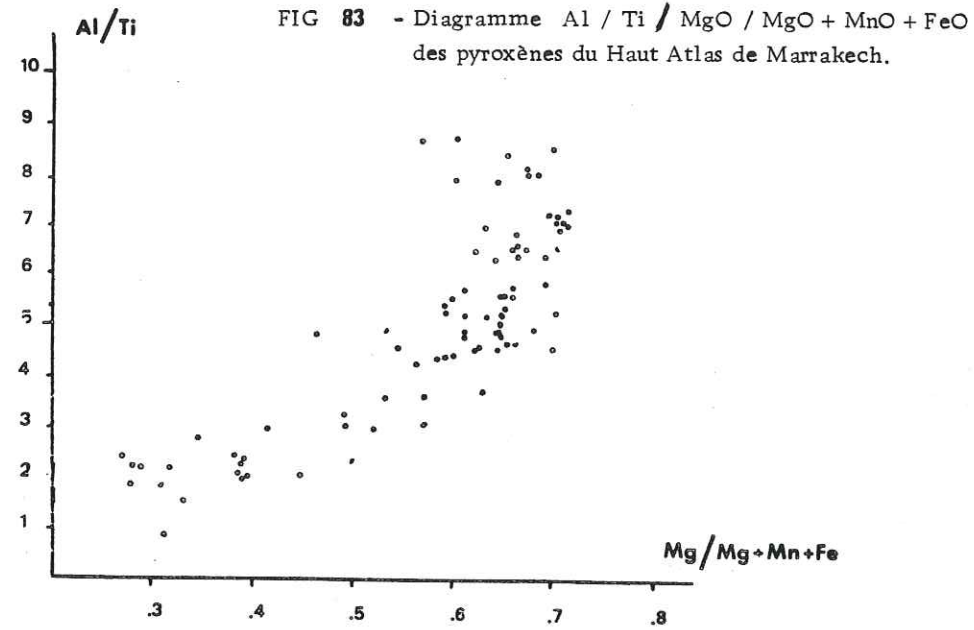


FIG 83 - Diagramme Al / Ti / MgO / MgO + MnO + FeO des pyroxènes du Haut Atlas de Marrakech.

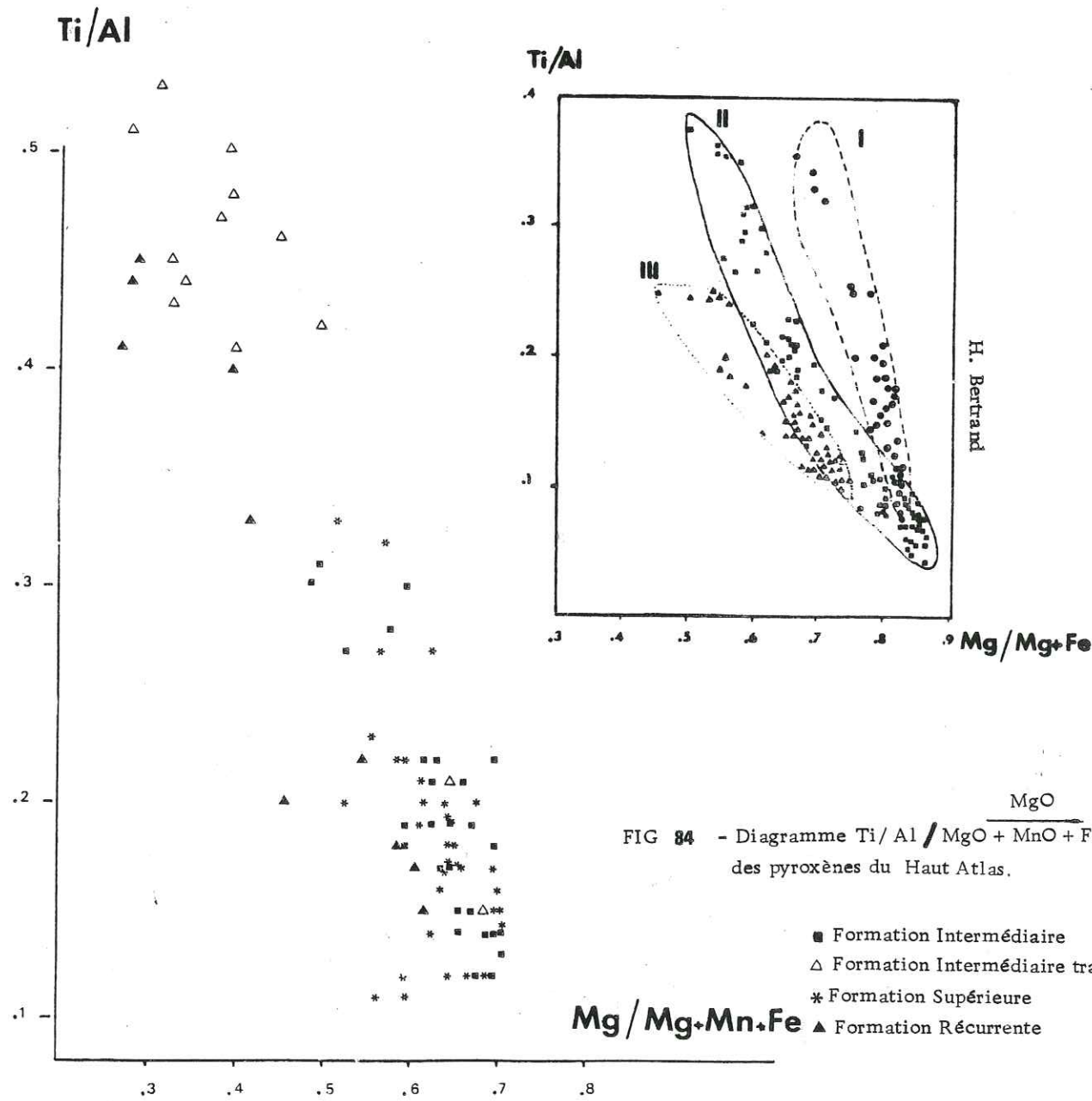


FIG 84 - Diagramme Ti / Al / MgO / MgO + MnO + FeO des pyroxènes du Haut Atlas.

- Formation Intermédiaire
- △ Formation Intermédiaire transformée
- * Formation Supérieure
- ▲ Formation Récurrente

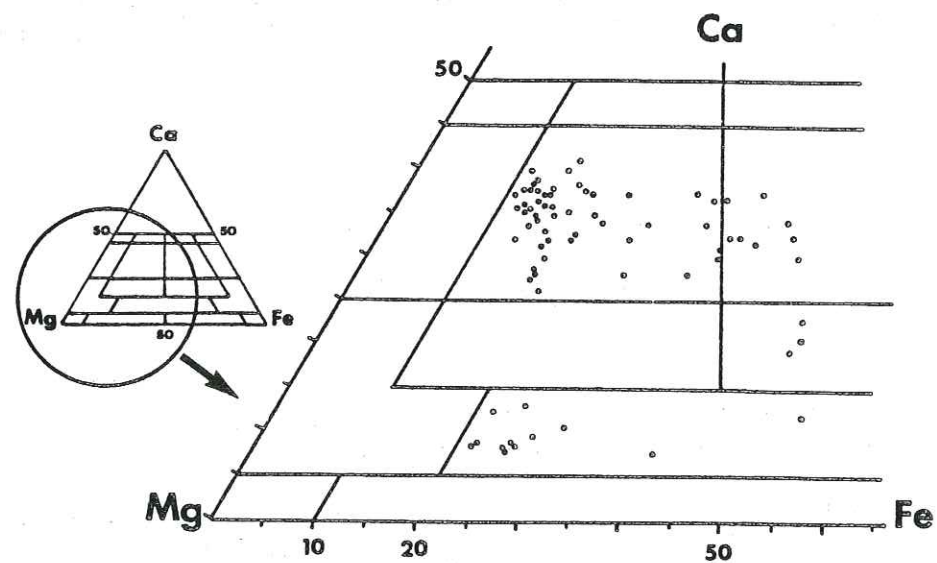


FIG 85 - Diagramme CaO / MgO / FeO des pyroxènes du Haut Atlas de Marrakech.

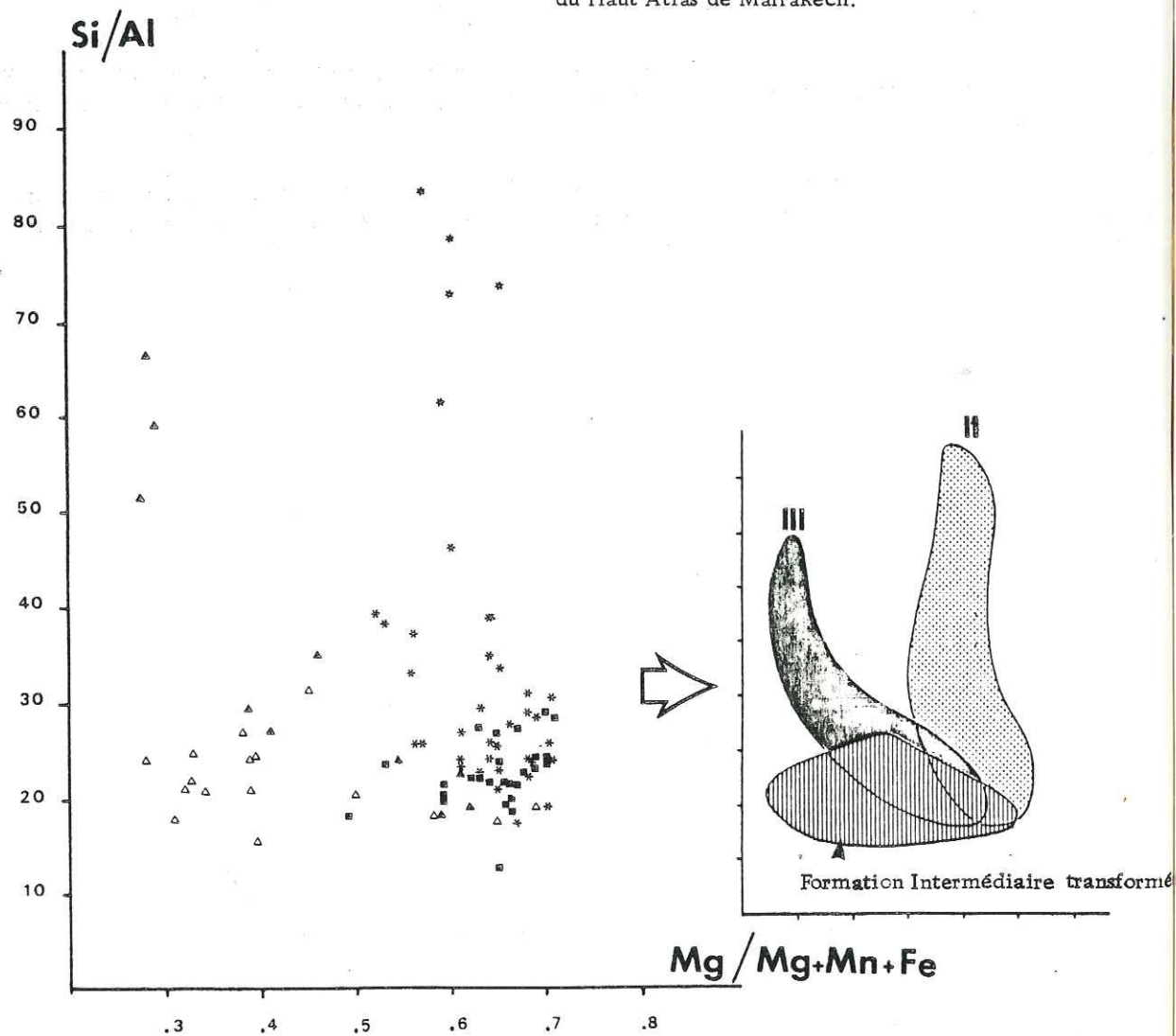


FIG 86 - Diagramme Si / Al / MgO / MgO + MnO + FeO des pyroxènes du Haut Atlas de Marrakech.

Si l'on met en parallèle la présente étude avec celle de BERTRAND (fig. 84) (DE PACHTERE et al., 1982) on aboutit aux corrélations suivantes:

Formation Inférieure	groupe I
Formation Intermédiaire	groupe II
Formation Supérieure	groupe II
Formation Récurrente	groupe III

Le diagramme Si/Al/Mg/Mg + Mn + Fe (fig. 86) permet de regrouper l'ensemble des échantillons en différents groupes.

Les échantillons des centres d'émission (Formation Supérieure) s'isolent parfaitement de ceux de la Formation Récurrente.

L'échantillon 173 correspondant à des horizons transformés de la Formation Intermédiaire définit un autre trend (fig. 86).

La Formation Intermédiaire avec des rapports Si/Al et Mg/Mg + Mn + Fe relativement constants ne se distingue pas particulièrement des autres formations.

Le diagramme Cr/Mg/Mg + Mn + Fe (fig. 87) permet aussi de discriminer deux tendances isolant la Formation Récurrente d'un ensemble Formation Intermédiaire - Supérieure.

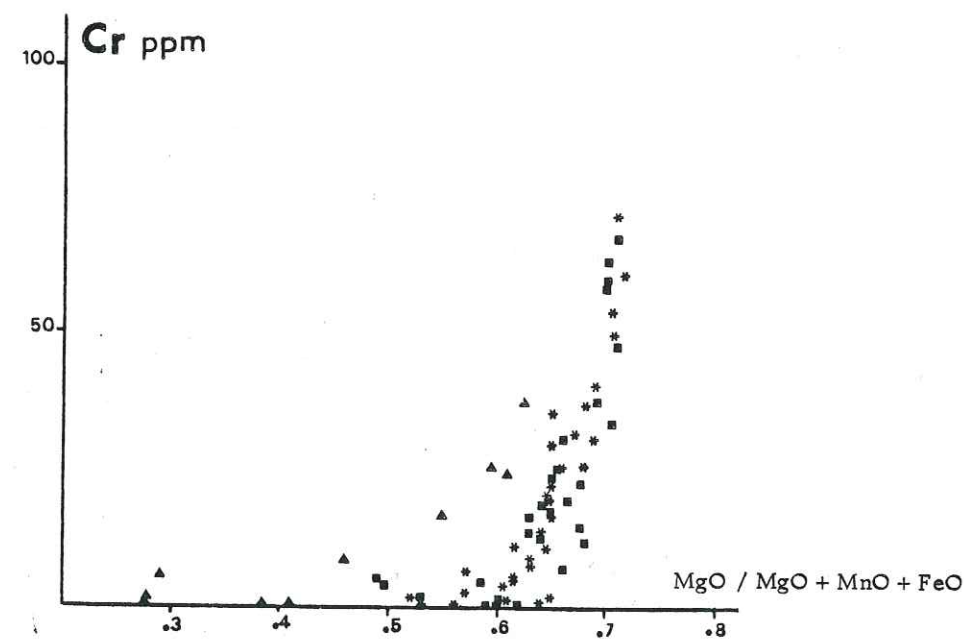


FIG 87 - Diagramme Cr / MgO / MgO + MnO + FeO des pyroxènes du Haut Atlas.

IV.5.4- LES MINÉRAUX OPAQUES

Parmi les minéraux opaques, on distingue:

- la magnétite et titanomagnétite parfois très abondante (jusqu'à 6 % du volume de la roche);
- l'ilménite est aussi représentée, mais plus rare.
- La chalcopryrite est très rare, souvent associée aux vacuoles de silice dans les formations transformées.

La magnétite et la titanomégnatite cristallisent:

- sous forme d'individus trapus, subautomorphes à xénomorphes (0,01 à 0,5 mm) (fig. 88); elles se concentrent préférentiellement à proximité des amas d'olivine;
- sous forme d'associations dendritiques dans les plages finement cristallisées à vitreuses (fig. 89).

L'ilménite a été décelée par analyse à la microsonde; elle cristallise sous forme de petites baguettes.

La chalcopryrite a été rencontrée essentiellement dans les coupes de Wirgane et d'Asni-Wirgane, soit disséminée dans la lave, soit associée aux vacuoles. Quelques grains de chalcopryrite ont été observés dans un remplissage de calcédoine à l'intérieur d'une vacuole.

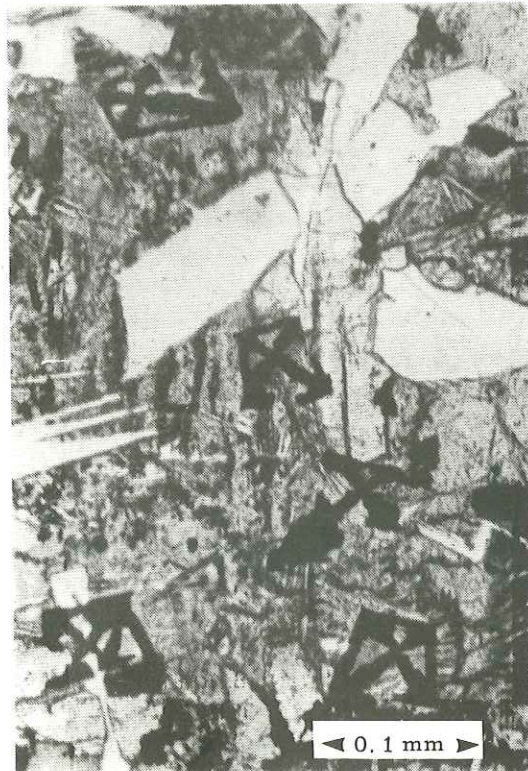


FIG 88 - Magnétite en individus trapus

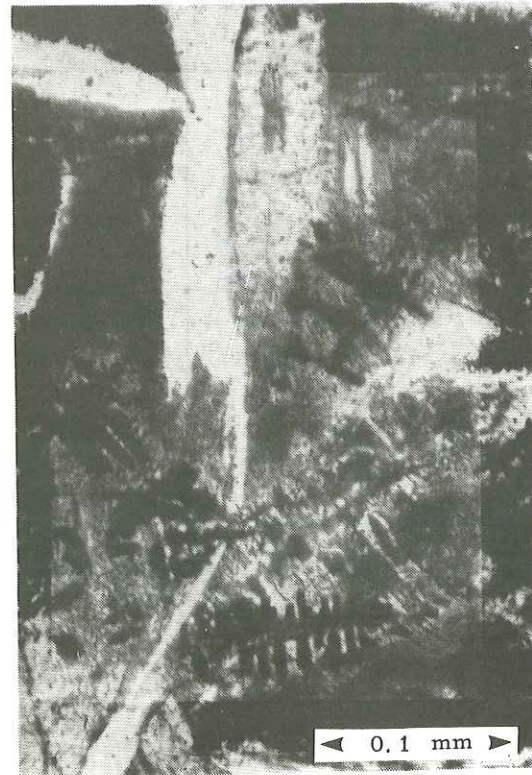


FIG 89 - Magnétite en association dendritique

IV.5.5- LES VACUOLES

Elles sont très abondantes et systématiquement concentrées en sommet de coulée.

Elles sont toutes remplies par une phase siliceuse qui s'exprime sous forme de calcédoine, opale et quartz (en mosaïque et/ou fibreux) parfois associée à de la calcite. Elles s'isolent le plus souvent de la trame lavique par une frange d'interstratifiés (fig. 90A) et ou de calcédonite (KEMPE, 1974).

Dans le détail, ces vacuoles montrent, depuis leur bord jusqu'au centre, de nombreuses combinaisons entre les minéraux précités.

De nombreuses vacuoles ont été étudiées microscopiquement et de cette analyse ressortent un certain nombre d'observations qui peuvent être généralisées.

- L'ordre de cristallisation dans les vacuoles semble montrer dans le temps la succession suivante.

Opale → Calcédoine → Quartz fibreux → Quartz en mosaïque

La chlorite cristalliserait à la fin de ce cycle en frange de réaction entre silice et lave s. str. (fig. 90).

Certaines vacuoles ne semblent pas s'entourer d'un liseré chloriteux et un mince horizon de quartz (en mosaïque) s'intercale entre la chlorite et la lave. De telles successions pourraient être interprétées par une alimentation saccadée de la phase fluide (FLORKE, 1982).

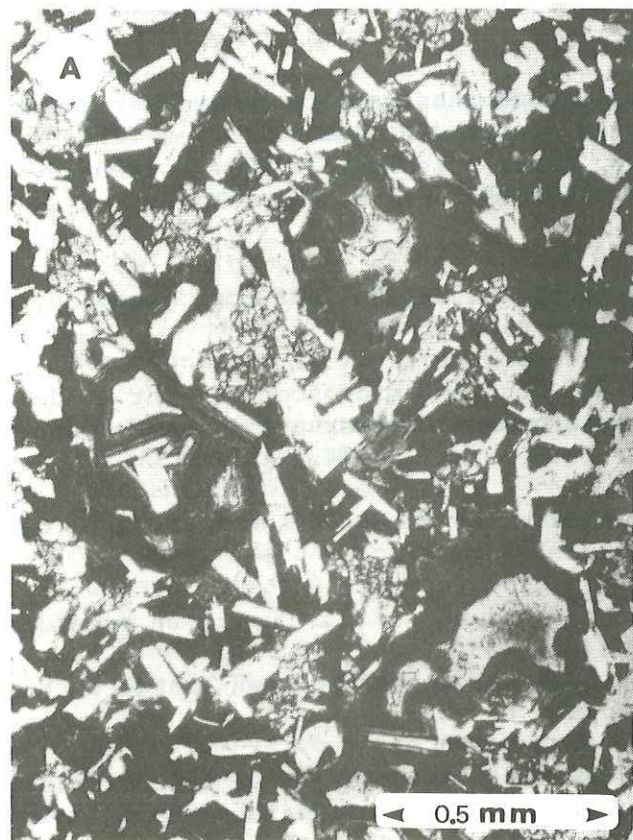
La bordure de quartz en mosaïque serait postérieure à une rétraction des premiers minéraux cristallisés

- La succession dans le temps, silice amorphe et quartz bien cristallisé a été interprétée par FLORKE (1982) de la manière suivante:

- la silice amorphe correspondrait au remplissage de la vacuole durant sa formation, par séparation, sous pression, de la phase fluide du mélange silicaté;
- la cristallisation de quartz, parfois améthyste, correspondrait à un remplissage de la vacuole par un liquide tardi-magmatique.

Il semble que, dans le cas présent, une telle succession puisse être évoquée. La présence de silice dans les fentes de retrait des prismes confirmerait un remplissage tardi-magmatique.

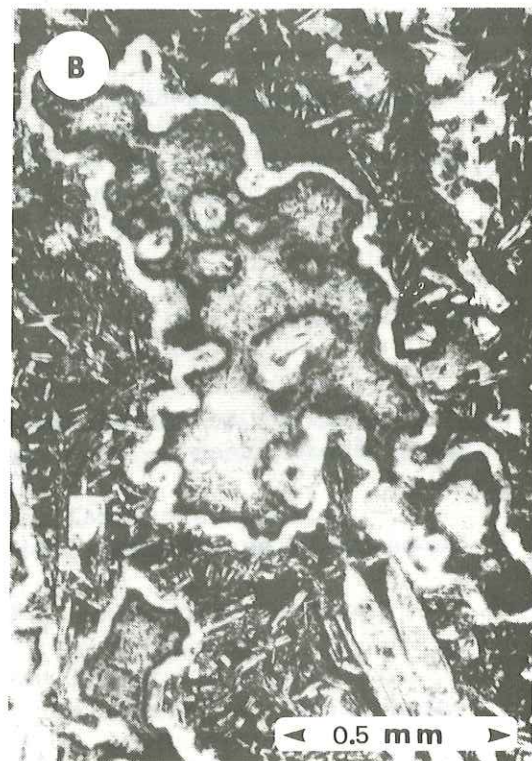
- La calcite, lorsqu'elle est présente, cristallise en phase tardive. Elle occupe alors le centre des vacuoles ou la frange périphérique après rétraction des premières cristallisations. Certaines vacuoles sont composées uniquement de calcite (monominérale).



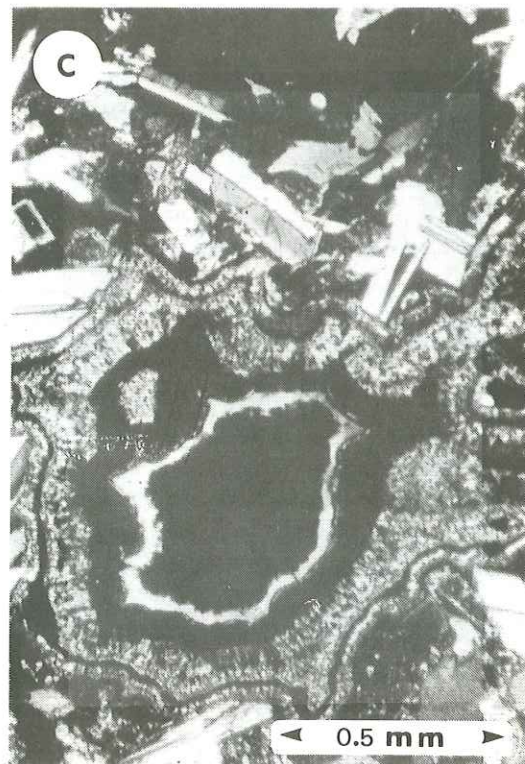
A Vacuole à liseré externe de chlorite et de céladonite remplissage siliceux. (L.P.)



D Croissance de silice à partir d'un germe dans une vacuole.



B Vacuole à liseré externe de quartz (Q) (L.P.).



C Vacuole à remplissage d'opale (L.P.).

FIG 90 - Les vacuoles de silice dans les laves du volcanisme fini-triasique

IV.5.- ETUDE DE LA PHASE CRISTALLITIQUE AUTOUR DES VACUOLES

On a l'habitude de rattacher les structures cristallines des laves à des températures de cristallisation avec, pour guide général, une cristallisation d'autant plus fine que le refroidissement a été rapide.

Lorsqu'au sein d'une même roche on trouve deux types de structures qui se côtoient (par exemple une structure intersertale microgrenue avec une structure microlitique porphyrique) on a tendance à évoquer une différence de température.

Les dolérites fini-triasique du Haut-Atlas, et plus particulièrement les dolérites à plages cristallitiques, peuvent recevoir une interprétation génétique classique qui conduirait à admettre que les plages cristallitiques résultent de la cristallisation d'une phase résiduelle au même titre qu'il est possible d'observer des plages cryptocristallines à vitreuses dans une structure microgrenue.

A travers l'exemple particulier des dolérites de l'Atlas, loin de m'écarter de l'interprétation classiquement adoptée, je propose d'expliquer l'origine des différences de température par la présence de la phase hydrothermale.

a) Essai d'interprétation génétique des plages cristallitiques

L'existence d'une phase fluide siliceuse migrant en sommet de coulée au cours du refroidissement m'a permis d'envisager une interprétation possible de certaines structures observées.

A partir du moment où l'on admet l'existence d'une percolation (per ascensum) d'un fluide dans la coulée, il reste difficile d'imaginer que ce phénomène ait pu se produire sans laisser de traces dans la structure même de la lave.

L'étude des lames minces dans la zone vacuolaire révèle que des plages finement cristallisées (plages cristallitiques) sont associées aux vacuoles.

La disposition de la phase cristallitique par rapport à ces dernières répond à un certain nombre de particularités dont l'étude s'avère indispensable à la compréhension des processus de cristallisation.

Si l'on tient compte de la polarité du déplacement de la vacuole, on observe une individualisation de ces plages cristallitiques essentiellement à l'arrière de la vacuole formant des sortes de "queues de cristallisation" qui semblent signer le passage de la phase fluide (fig. 91).

De telles observations conduisent tout naturellement à admettre une relation étroite entre la phase fluide et la présence de plages cristallitiques (fig. 91).

Ceci nous amène à envisager le rôle du fluide hydrothermal.

Une influence à caractère thermique et une autre faisant intervenir le rôle des pressions seront abordées successivement bien que leurs actions respectives aient certainement joué conjointement pour former les structures observées.

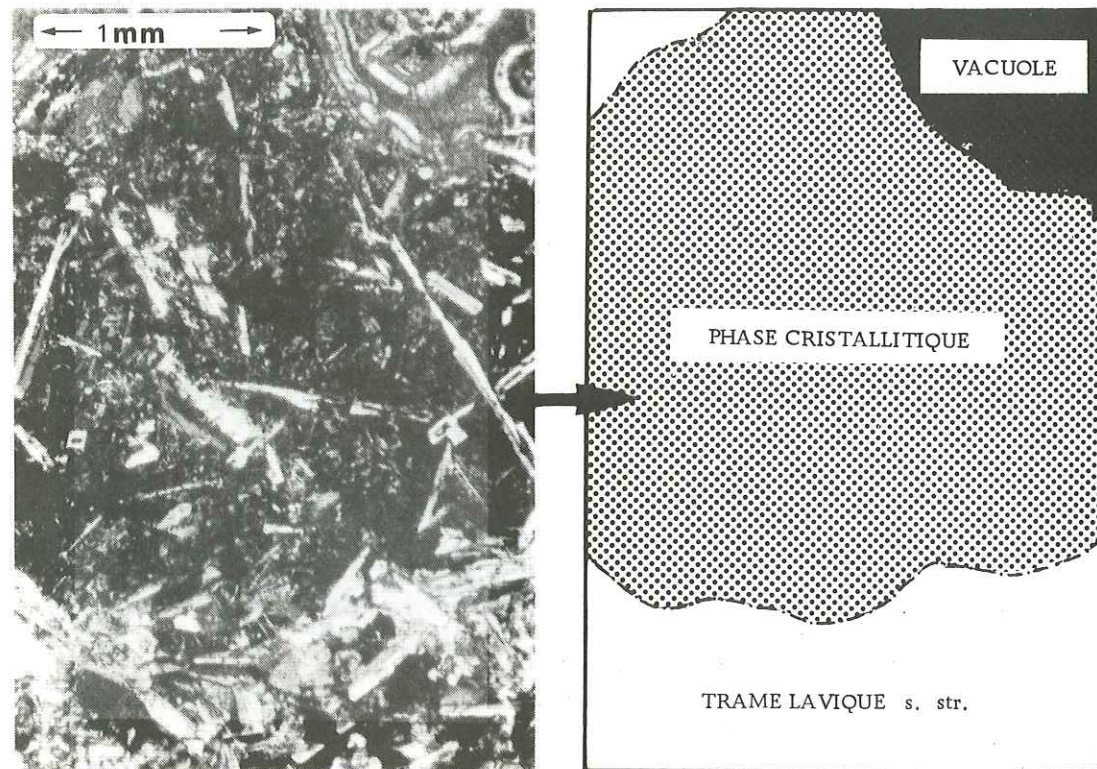
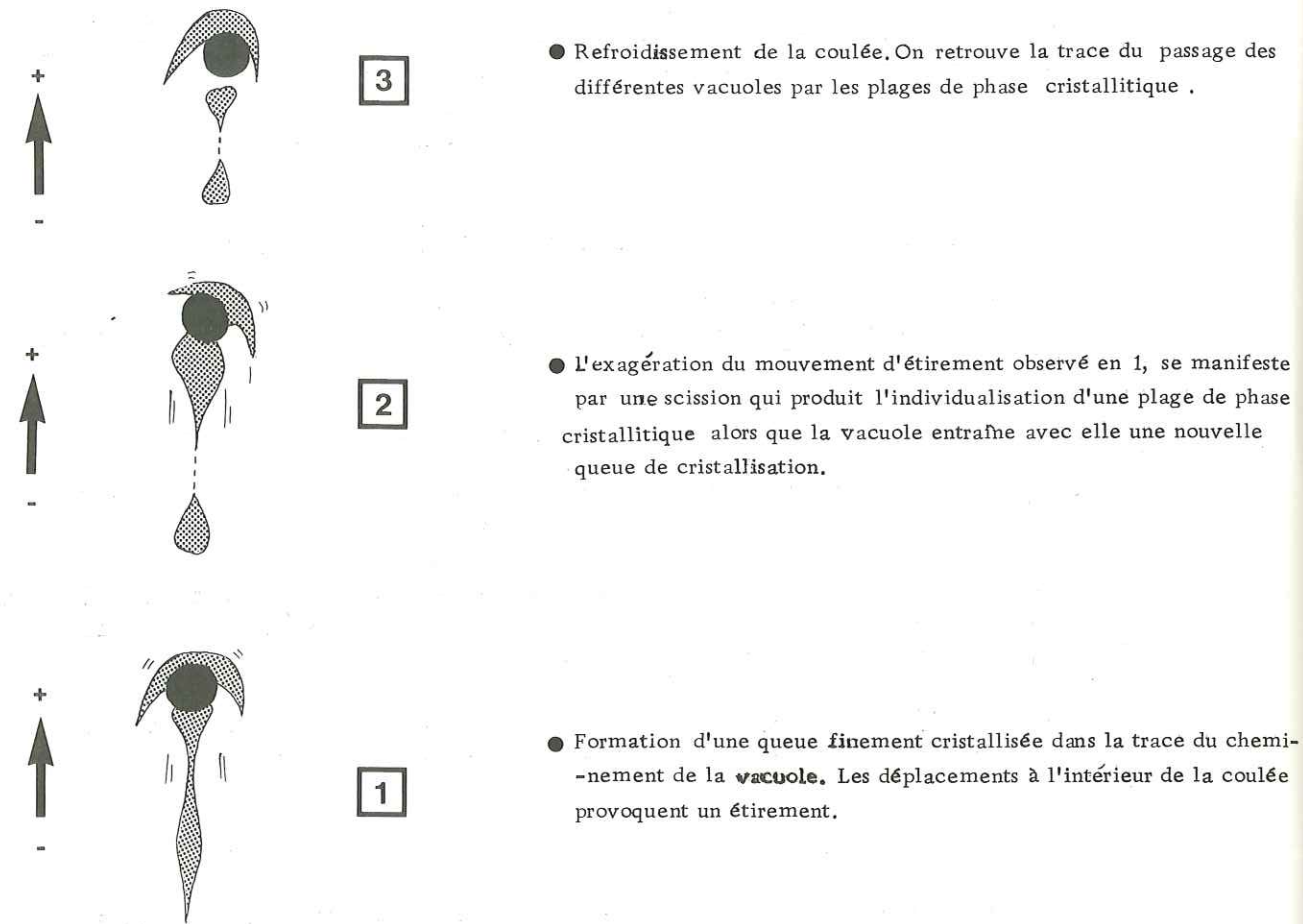


FIG 91 - La phase cristallitique autour des vacuoles.

- Hypothèse à caractère thermique

La phase cristallitique correspondrait à la cristallisation de la lave de façon plus fine avec des faciès de trempe au contact d'une vacuole renfermant un liquide hydrothermal à une température inférieure à celle du liquide silicaté. La structure aciculaire de certains cristaux, la présence de très fines cristallisations en gerbes symplectiques, correspondraient à ces faciès de trempe.

- Hypothèse faisant intervenir des pressions différentielles

On peut imaginer que la vacuole, circulant au sein du liquide silicaté, crée derrière elle une zone de faible pression avec une sorte d'appel au vide.

Les plages cristallitiques correspondraient à ces secteurs particuliers.

Toutefois, il reste difficile d'envisager que la pression seule ait pu provoquer une telle cristallisation.

L'idée d'un faciès de trempe formé au contact de la vacuole (intervention de la température) migrant au fur et à mesure dans des zones de faibles pressions, paraît plus vraisemblable.

Cette argumentation apparaît vérifiée par une analyse géochimique ponctuelle à la microsonde, et par l'observation de cristaux de plagioclase "coudés".

● Les plagioclases "coudés"

La présence dans les phases cristallitiques, d'un certain nombre de plagioclases montrant une cristallisation en coude, pourrait apporter un ensemble d'arguments en faveur d'une interaction température-pression dans les faciès de trempe.

Ces plagioclases "coudés" ont aussi été observés dans les faciès de bordure des dômes prismés qui constituent les centres d'émission, et certains auteurs les signalent dans des faciès de trempe de basaltes océaniques.

b) Etude géochimique à la microsonde (fig 92)

Une étude à la microsonde, de la phase cristallitique autour des vacuoles (silice à la périphérie, calcite au centre) laisse penser à une interaction entre la phase fluide et la phase silicatée, lors de la cristallisation.

Une série d'analyses a été réalisée sur les pyroxènes et les plagioclases selon une traversée partant de la vacuole vers la lave s. str.

L'ensemble de ces analyses se trouvent regroupé dans les tableaux 6-7.8p198.200

Une étude de la composition des pyroxènes selon la transversale considérée (fig.93) montre qu'à proximité de la vacuole, ils s'enrichissent en Fe au détriment de Mg. Parallèlement à l'enrichissement en Fe, le sodium montre une augmentation lorsqu'on se rapproche de la vacuole.

Une étude de la composition des plagioclases selon la même transversale relate l'enrichissement en sodium au détriment du calcium au sein de

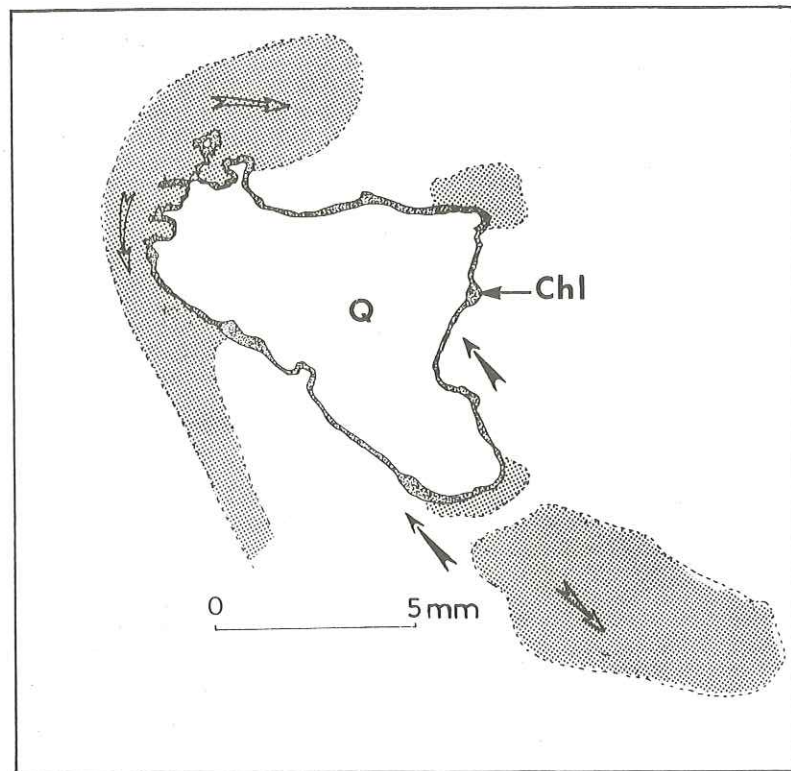


FIG 91 - La phase cristallitique autour des vacuoles. Schéma d'observation à partir de coloration différentielle de feldspaths, en grisé, phase cristallitique les flèches indiquent les mouvements relatifs de la vacuole (→) et de la phase cristallitique (⇨).



FIG 92 - Les plagioclases coudés de la phase cristallitique autour des vacuoles.

ces derniers à proximité de la vacuole.

Les courbes de variations de Fe ou Mg pour les pyroxènes, ou de Na et Ca pour les plagioclases, montrent dans les deux cas une opposition point par point qui traduit bien la substitution d'un élément par l'autre.

Ces variations de composition ne semblent pas étrangères à la phase fluide, et l'enrichissement en sodium observé simultanément dans les plagioclases et les pyroxènes témoignerait d'un échange ionique Na-Ca entre la phase fluide et la phase silicatée.

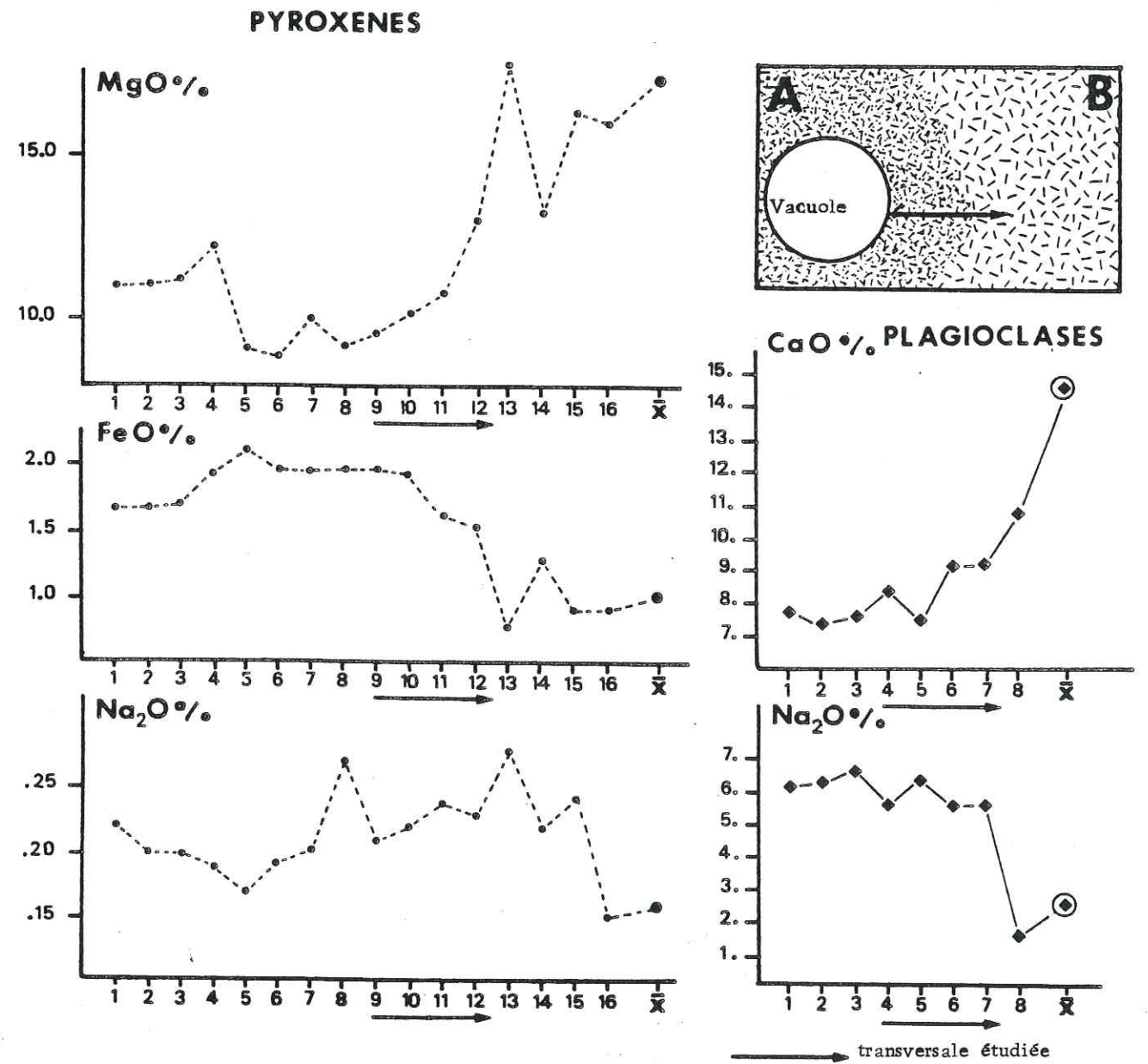


FIG 93 - Résultats de l'analyse à la micro sonde des feldspaths et des pyroxènes de la phase cristallitique, selon une transversale depuis la vacuole jusqu'à la trame cristalline s. str.

IV-5-6-a- L'AERINITE

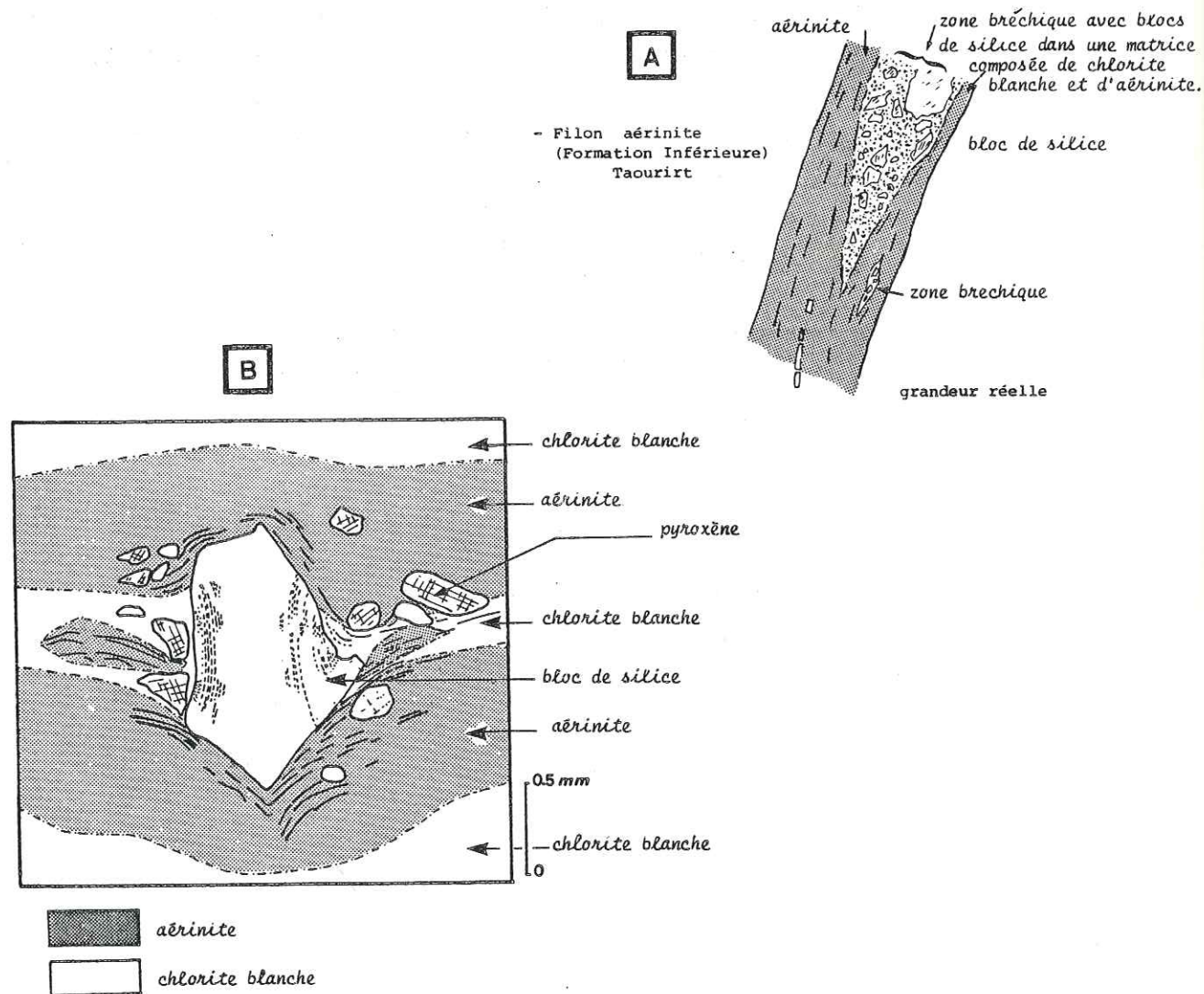
Elle est présente en filons de 1 à 10 cm de large. Ceux-ci, perpendiculaires aux épontes des différentes coulées franchissent le contact entre deux épanchements et témoignent ainsi de leur origine tardi-magmatique.

Il existe deux types de remplissage de ces filons:

- Les premiers, souvent peu épais, sont remplis entièrement par de l'aérinite.
- Les seconds, souvent les plus épais, présentent une structure rubanée et sont constitués de petites bandes de chlorite blanche (0.01 à 0.5 cm) et de chlorite bleue (0.1 à 0.2 mm), l'aérinite.

De la silice est souvent associée à ces filons sous forme de lentilles brechiques (fig. A). Les bandes de chlorite blanche sont souvent salées par de nombreux oxydes de fer et renferment parfois des fragments de pyroxènes (fig. B).

Ce minéral pourrait correspondre à une altération hydrothermale tardive du basalte.



- Détail d'un filon d'aérinite et de chlorite blanche. Présence de fragments de pyroxènes.

L'aérinite a été signalée pour la première fois au Maroc, par P. et G. TERMIER (1946).

IV-5-6-b- LA MONTMORILLONITE

L'étude de la gangue de certaines géodes de quartz ou d'améthyste, a révélé la présence de smectites.

Il s'agit d'une montmorillonite bien cristallisée (fig. 94) qui permet déliminer une origine résultant d'un processus d'altération météorique.

Sur un diagramme de poudre, un pic à 1.535 Å (hkl:060 pour un angle $2\theta = 60^\circ$), montre qu'il s'agit d'une montmorillonite trioctaédrique de la famille des saponites.

Les auteurs s'accordent pour admettre que les échanges cationiques au sein des smectites concernent essentiellement le sodium et le calcium. Dans ce sens, il serait donc envisageable de considérer la présence de ces smectites, comme le résultat d'une altération (plagioclases) de type hydrothermal.

On admet classiquement que la montmorillonite se trouve destabilisée de façon irréversible à partir de températures voisines de 200°C , en invoquant des conditions superficielles souvent anhydres. Dans le cas présent, la simple présence d'un milieu hydraté par un processus hydrothermal, élargit le domaine de stabilité vers des températures plus élevées qui correspondent à la mise en place de la phase fluide siliceuse lors de l'épanchement des coulées.

IV-5-6-c- LA PREHNITE

Elle a déjà fait l'objet d'une étude dans le chapitre III (3^e Partie).

IV-5-6-d- LA PUMPELLYITE

De la pumpellyite a été observée très localement dans les vacuoles de silice et de carbonate au sein des laves du secteur d'Imlil (annexe n° 2). Elle est parfois associée à la préhnite dans les formations transformées (fig. 65-66)

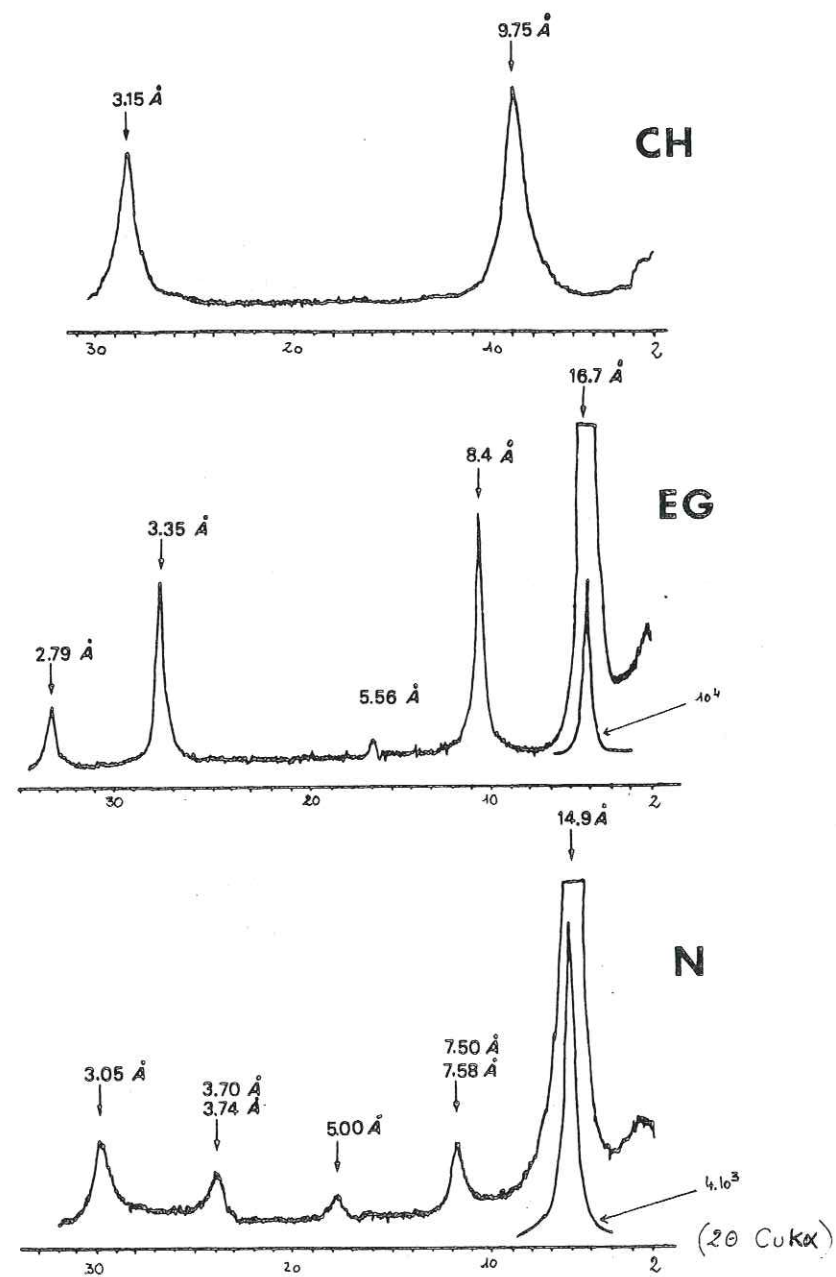


FIG 94 - Diffractogrammes des smectites (Montmorillonite)
 N : Normal E. G. : Ethylène glycol CH : Chauffage.

CHAPITRE IV - TROISIÈME PARTIE

" GEOCHIMIE "

3° PARTIE: GEOCHIMIE.....	155
IV-6 GEOCHIMIE.....	157
IV-6-1 Caractères généraux.....	157
IV-6-2 Variations des éléments majeurs.....	157
IV-6-3 Conclusions.....	163
IV-6-4 Variations des éléments en traces.....	165
IV-6-5 Conclusions.....	169
IV-6-6 Les différentes formations.....	169

TROISIÈME PARTIE - GEOCHIMIE

IV.6- GEOCHIMIE

Un ensemble de 44 analyses (7 pour la Formation Inférieure, 17 pour la Formation Intermédiaire, 15 pour la Formation Supérieure, 3 pour la Formation Récurrente et 2 sur des laves du secteur d'Imlil) a fait l'objet d'une étude portant sur les éléments majeurs et sur les éléments en traces. L'ensemble de ces analyses est reporté dans les tableaux

IV.6.1- CARACTERES GENERAUX

Le calcul des normes C.I.P.W. montre que toutes les roches renferment de l'hyperstène (7 à 17 %) et du quartz (7 à 19 %) virtuels. Ceci permet de les placer dans le champ des tholéiites à quartz, selon la classification de YODER et TILLEY, 1962.

Comme pour le Permien, l'indice de différenciation utilisé est $Mg / Mg + Fe$ (Mg value). Cet indice évolue de 0.66 à 0.39 et montre qu'il s'agit de faciès peu différenciés à différenciés. De façon générale, l'ensemble des ces analyses reflète une très grande homogénéité (Tableau 2 à 5)

Des teneurs en eau moyennement élevées, (1.5 à 2.0 %) peuvent exceptionnellement s'élever jusqu'à 5 % dans les Formations Inférieure et Intermédiaire. Elles témoignent alors de la présence de minéraux d'altération (argiles, chlorites, préhnite, calcite....).

IV.6.2- VARIATION DES ELEMENTS MAJEURS AU COURS DE LA DIFFERENCIATION

• *Le potassium*

La Formation Inférieure se distingue du reste de la série, par des fortes teneurs (fig. 96). Ceci s'observe aussi sur le diagramme A.F.M. par une individualisation de cette formation vers les termes les plus alcalins (fig. 107).

La Formation Supérieure et les points représentatifs des centres d'émission se distinguent par des teneurs plus faibles, de l'ordre de 0,5 %.

Une corrélation négative entre K et Mg a été mise en évidence (fig. 95).

Deux échantillons, prélevés à Marigha (p. 69), en position de Formation Récurrente, se distinguent du reste de la série par des teneurs en potassium tout à fait anormales (9 et 11 %). Faut-il y voir une contamination par un processus hydrothermal précoce, identique à celui évoqué pour le volcanisme permien d'Agouergour ?

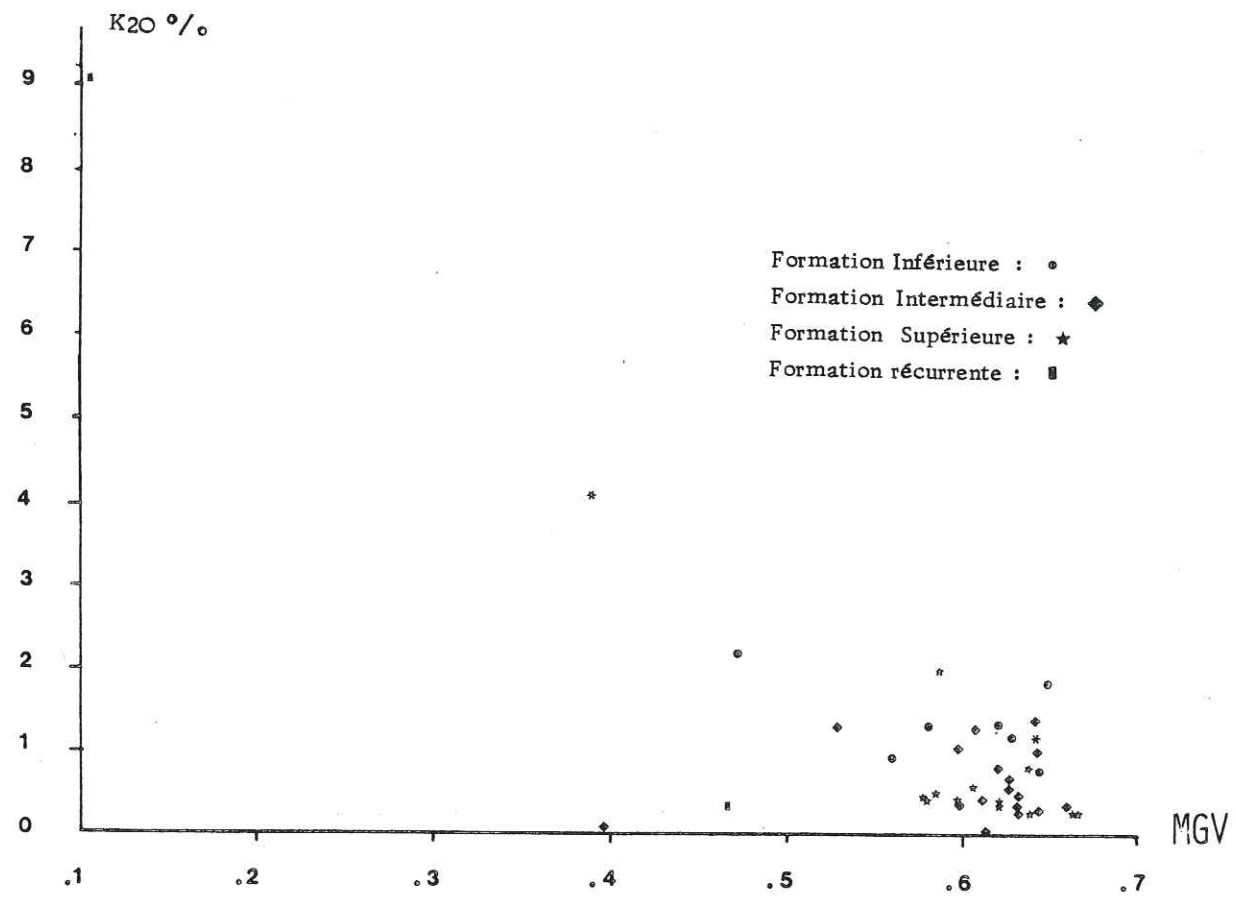


FIG 95 - Diagramme K2O / MGV.

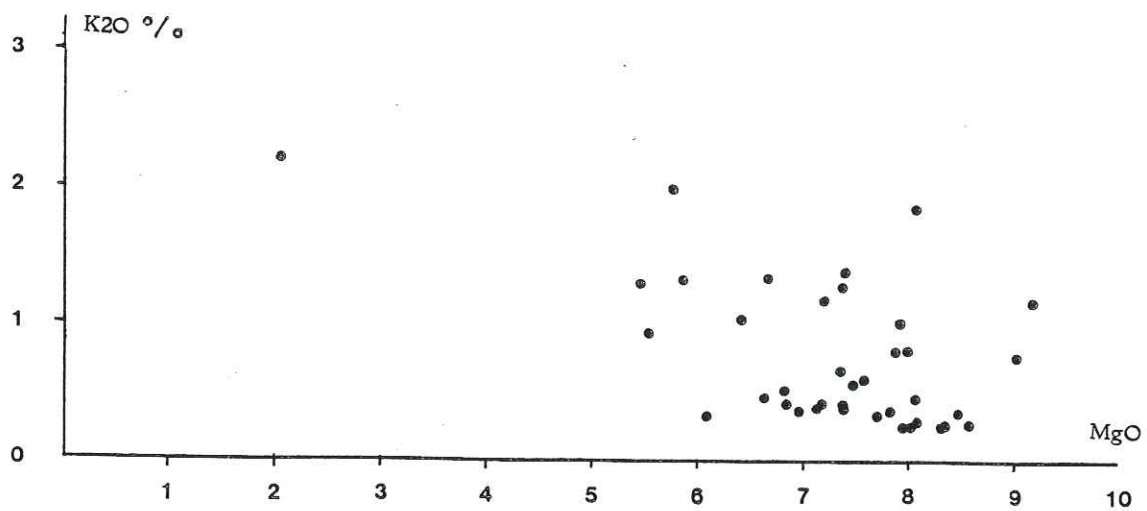


FIG 96 - Diagramme K2O / MgO

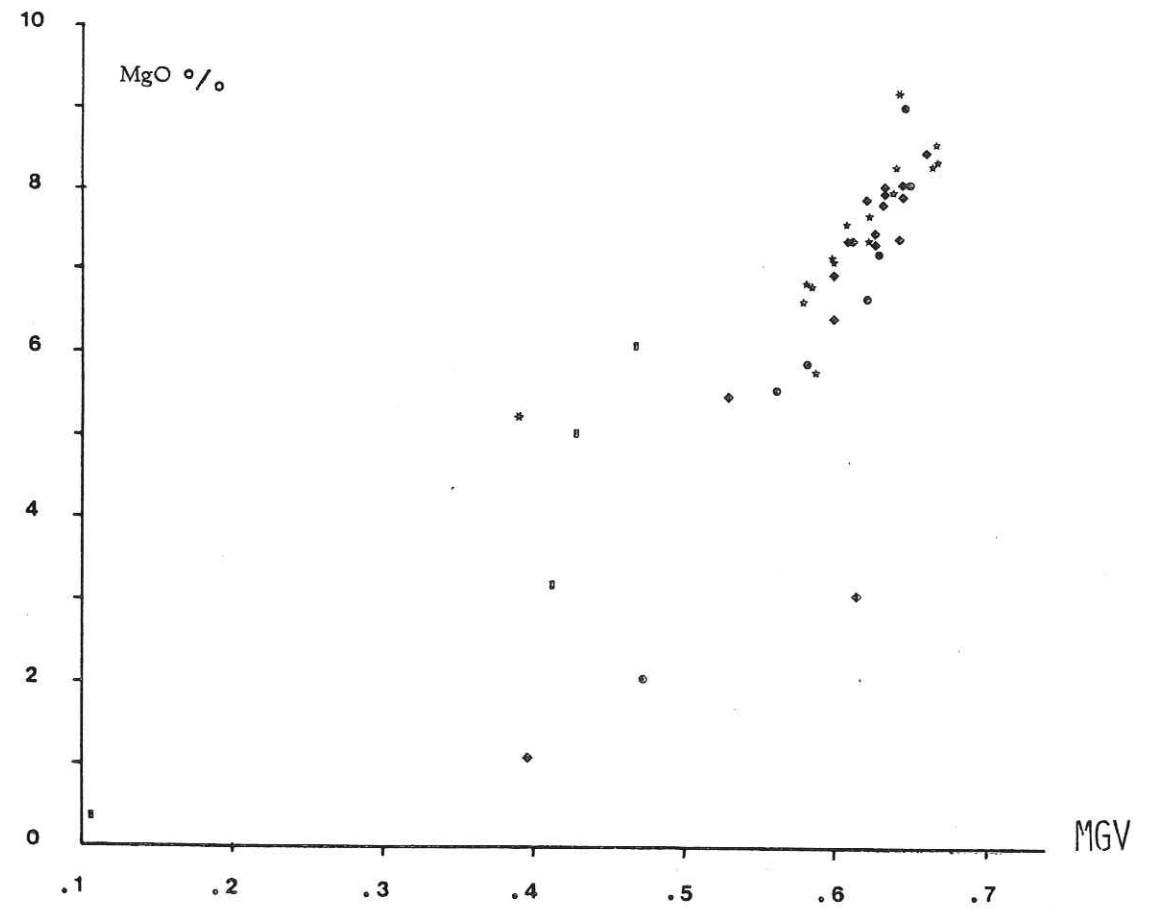


FIG 97 - Diagramme MgO / MGV.

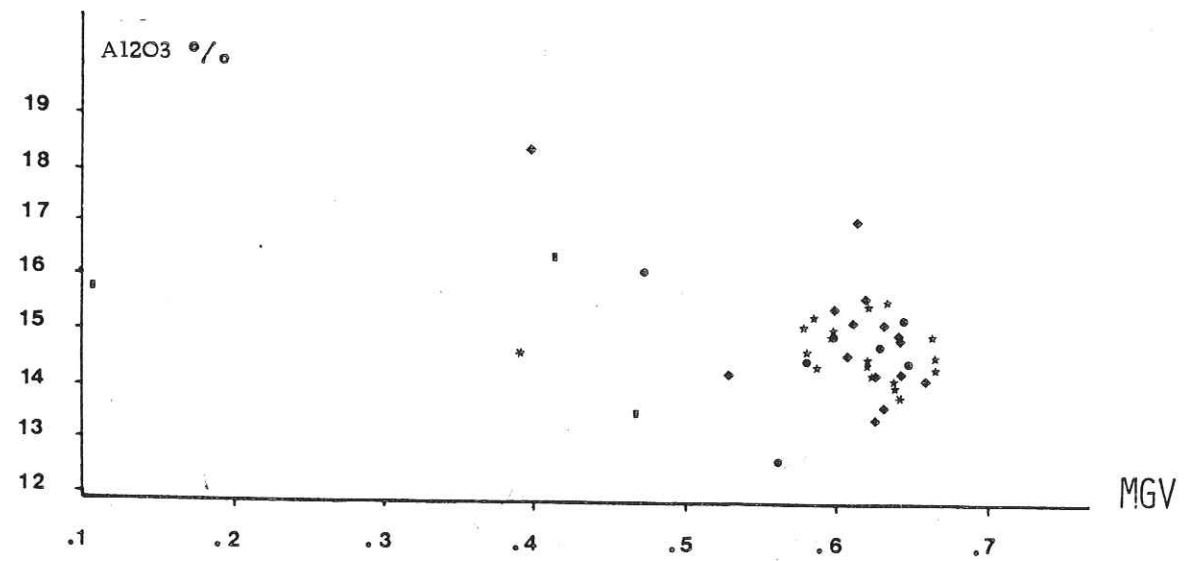


FIG 98 - Diagramme Al2O3 / MGV.

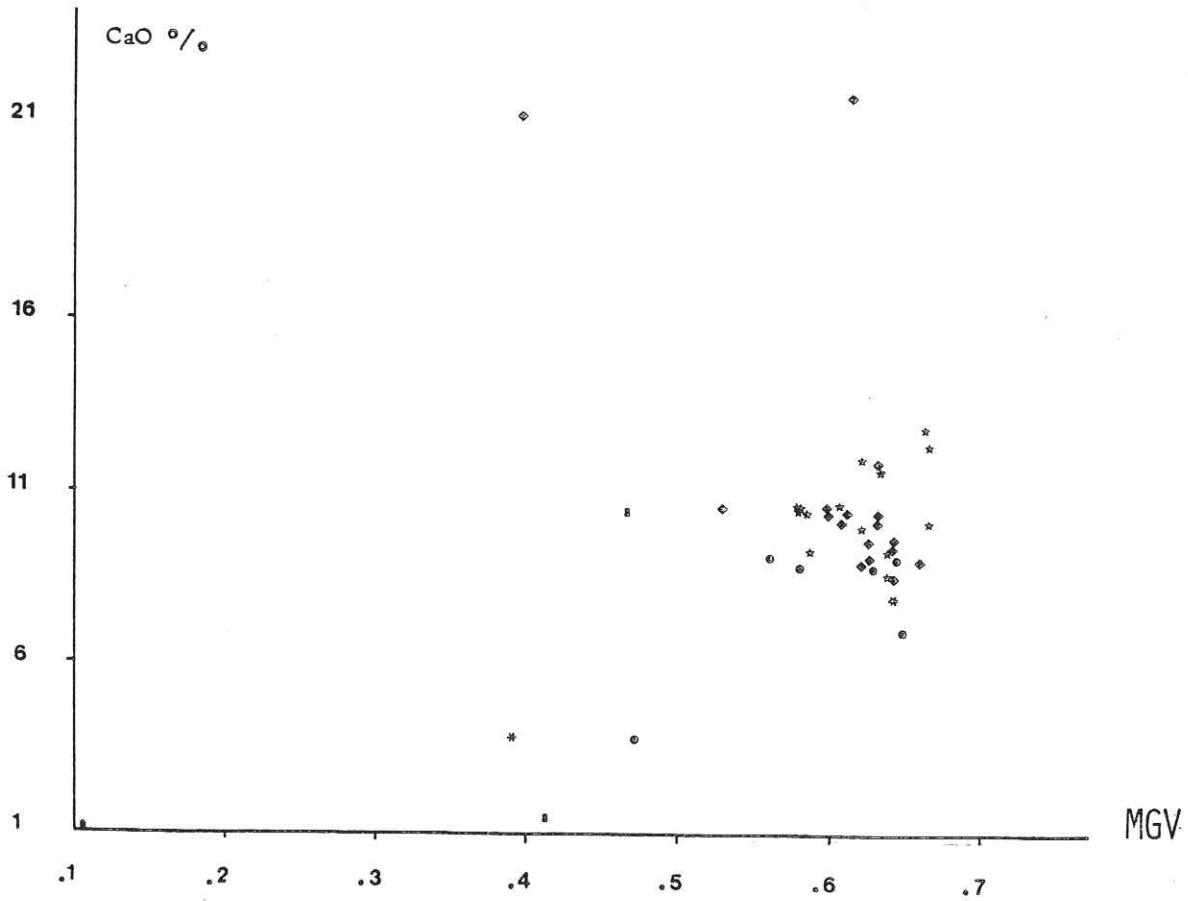
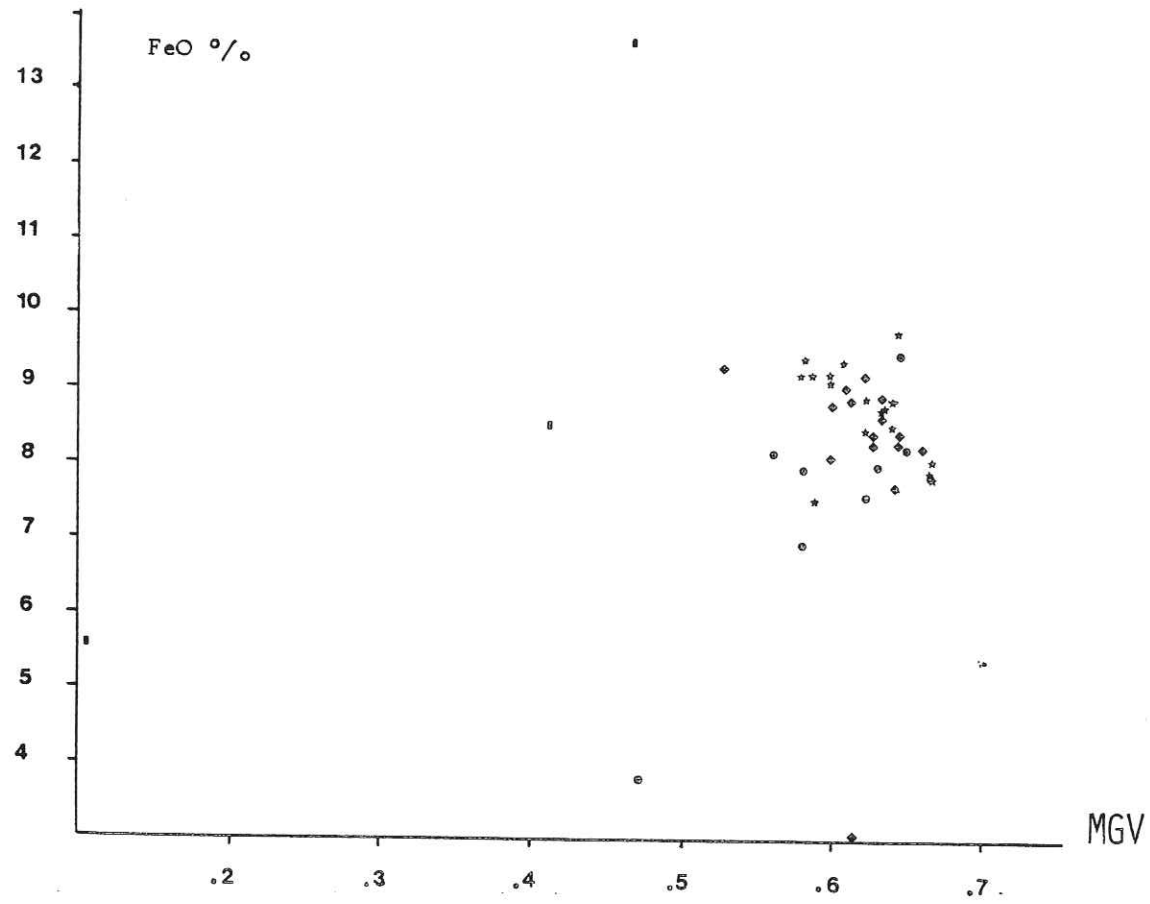


FIG 99 - Diagramme FeO / MGV.

- Diagramme CaO / MGV.

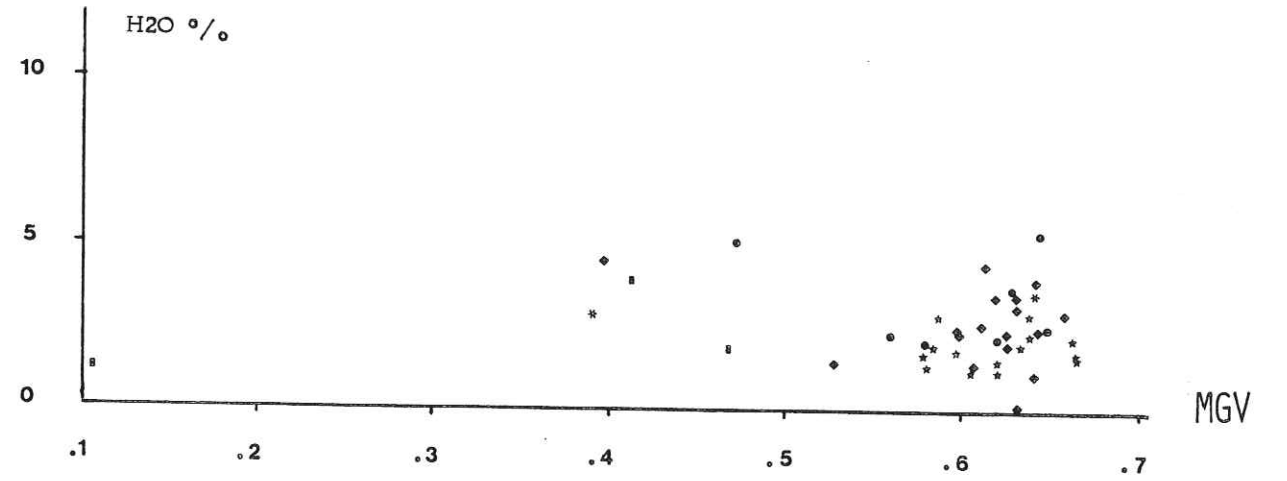


FIG 100 - Diagramme H2O / MGV

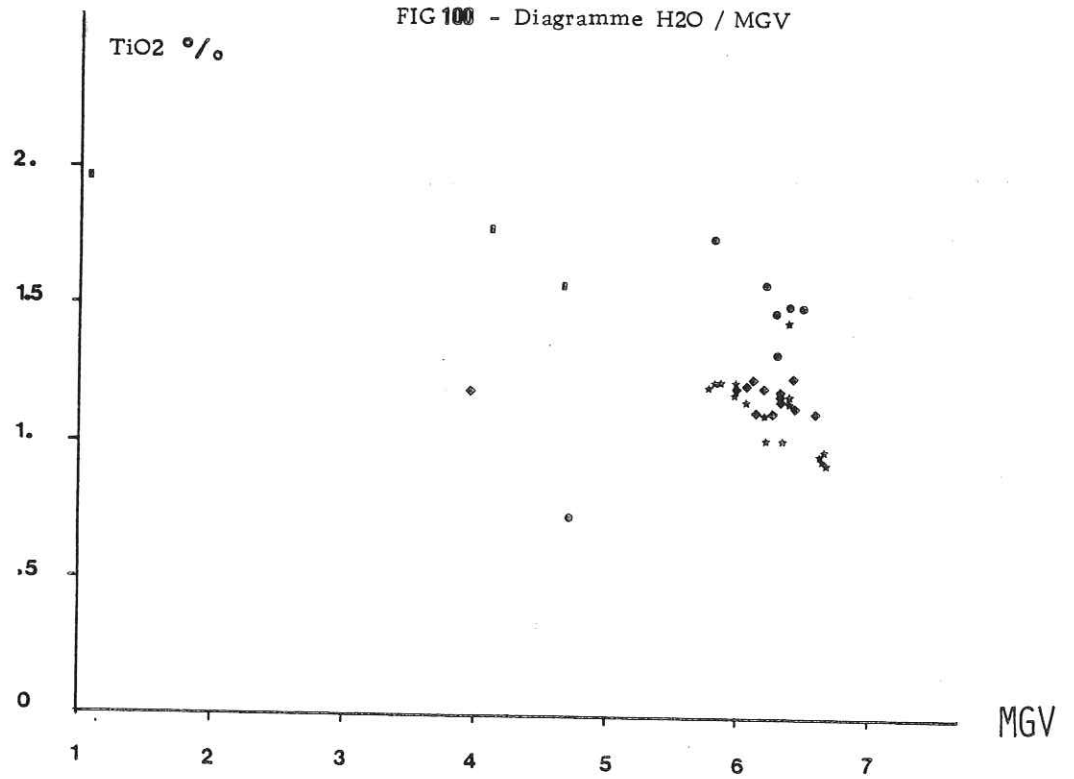


FIG 101 - Diagramme TiO2 / MGV

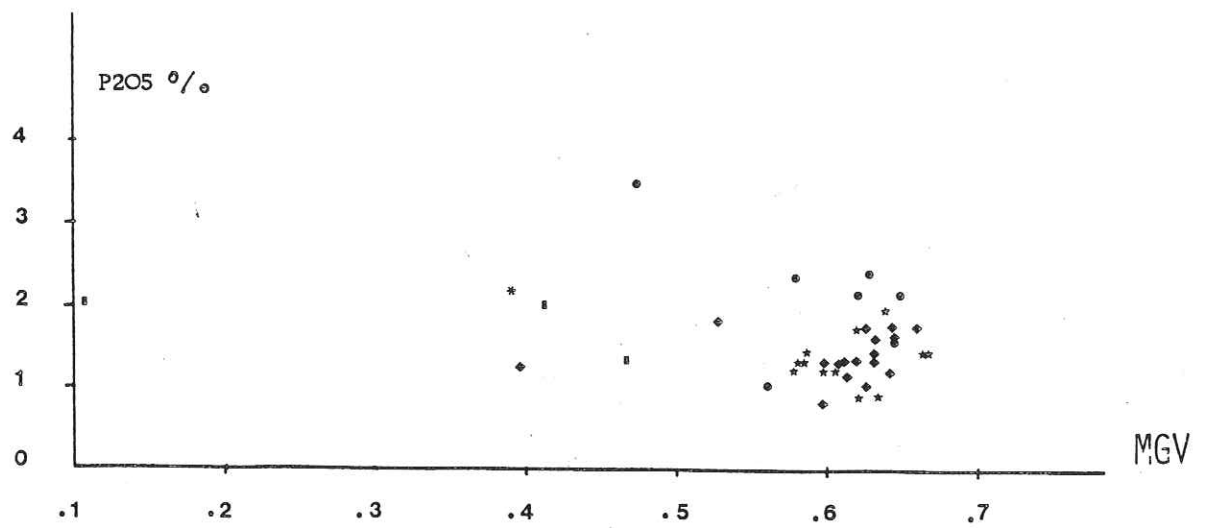


FIG 102 - Diagramme P2O5 / MGV.

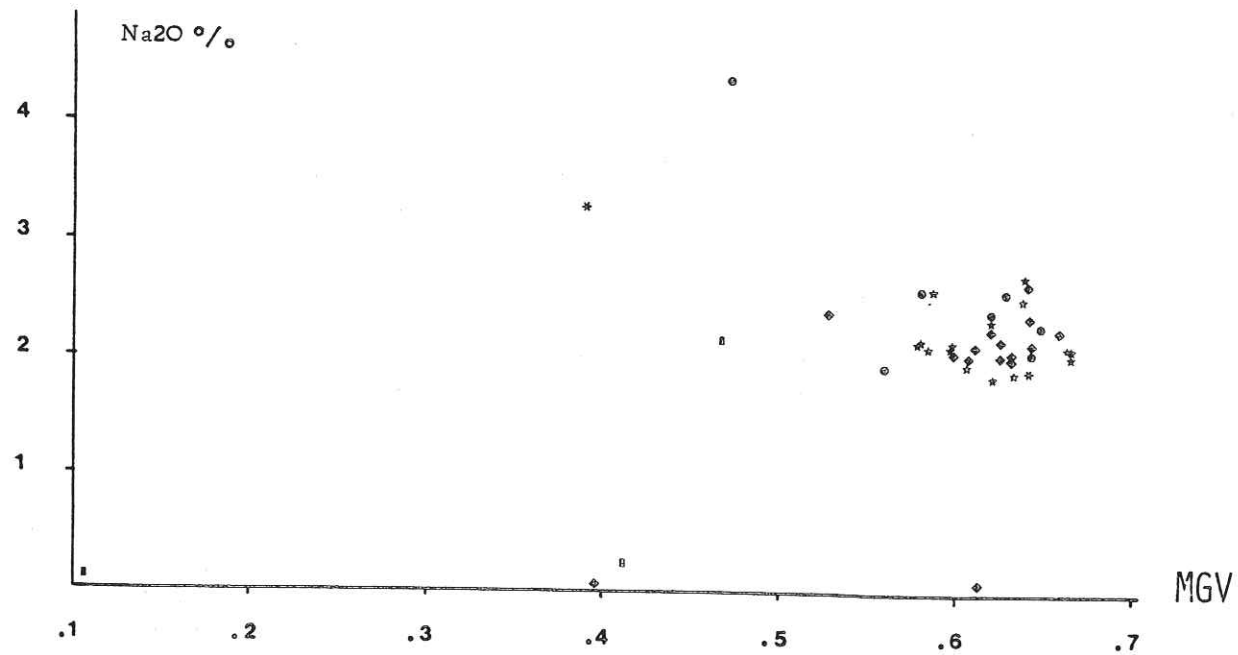


FIG 103 - Diagramme Na2O / MGV.

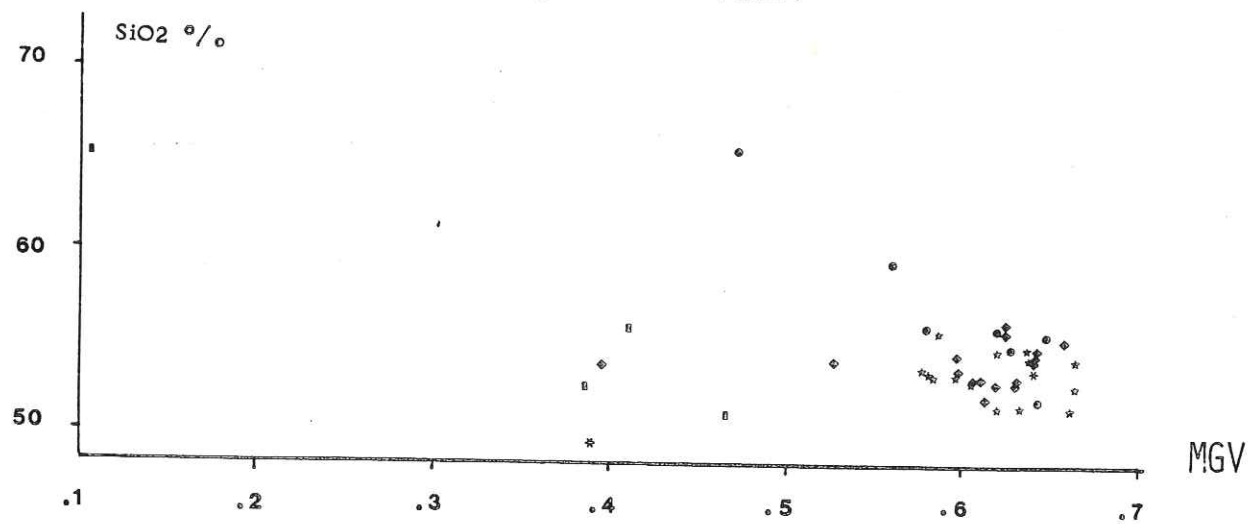


FIG 104 - Diagramme SiO2 / MGV.

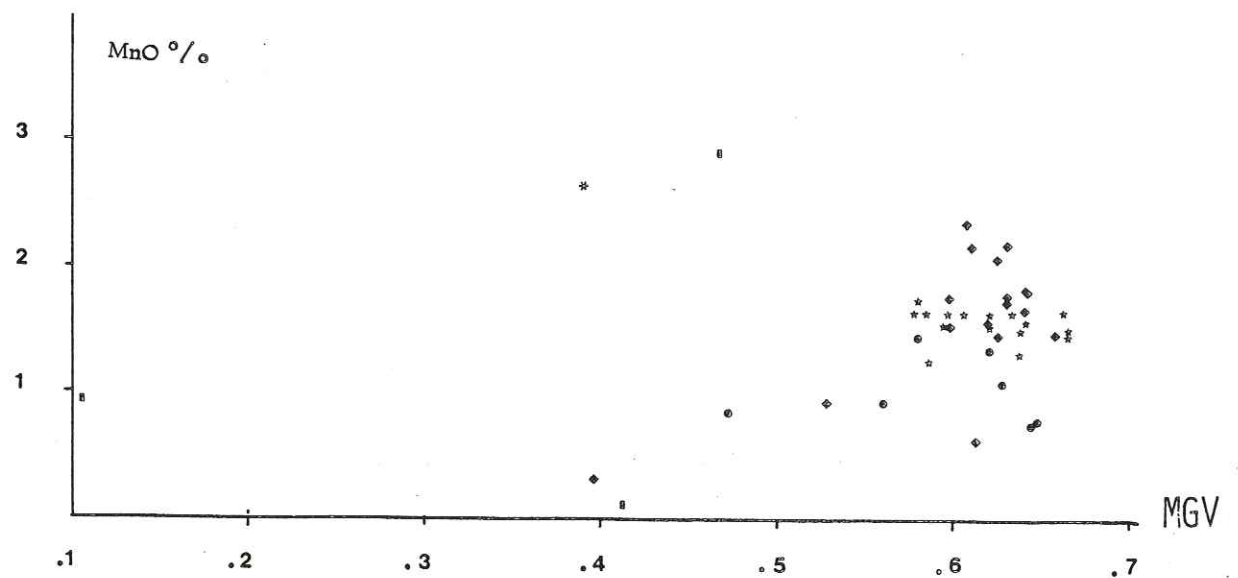


FIG 105 - Diagramme MnO / MGV.

● *Le sodium* (fig 103).

Ses variations montrent des similitudes avec le potassium avec une très légère corrélation négative avec le M.G.V.

Certains sommets de coulées où prédomine une phase cristallitique à plagioclases plus sodiques, s'individualisent par des teneurs pouvant atteindre 4.35 % (MAPH 45). La Formation Inférieure est caractérisée par de fortes teneurs.

● *Le titane* (fig 101).

Une nette corrélation négative avec le MG.V. est observée. La Formation Inférieure s'isole du reste de la série par de fortes teneurs.

Le fer et le manganèse (fig 99-105).

La Formation Inférieure se distingue par de faibles teneurs. Une corrélation négative est observée pour les Formations Intermédiaire et Supérieure. La Formation Récurrente montre des teneurs plus élevées.

● *Le calcium* (fig 99).

Il est caractérisé par une très grande variabilité, mais la Formation Inférieure s'isole du reste de la série par des teneurs plus faibles.

● *Le magnésium* (fig 97).

Il montre une bonne corrélation positive avec le M.G.V., mais aucune formation ne se distingue véritablement.

D'autres éléments comme le phosphore et l'aluminium ne varient pas au cours de la différenciation. (fig 98-102).

IV.6.3- CONCLUSIONS

Le titane, le fer, le manganèse et, à un degré moindre, le potassium, le sodium et le silicium, montrent une corrélation négative avec le MG.V. Ceci traduit leur concentration dans la phase résiduelle, lors de la cristallisation.

Le magnésium montre une corrélation positive avec le MG.V. et témoigne ainsi de la cristallisation précoce des pyroxènes calco-magnésiens et des plagioclases calciques.

L'aluminium ne montre pas de variation importante.

La variation des éléments majeurs en fonction de l'indice de différenciation (MGV) traduit un processus de cristallisation fractionnée à partir d'un magma tholéitique.

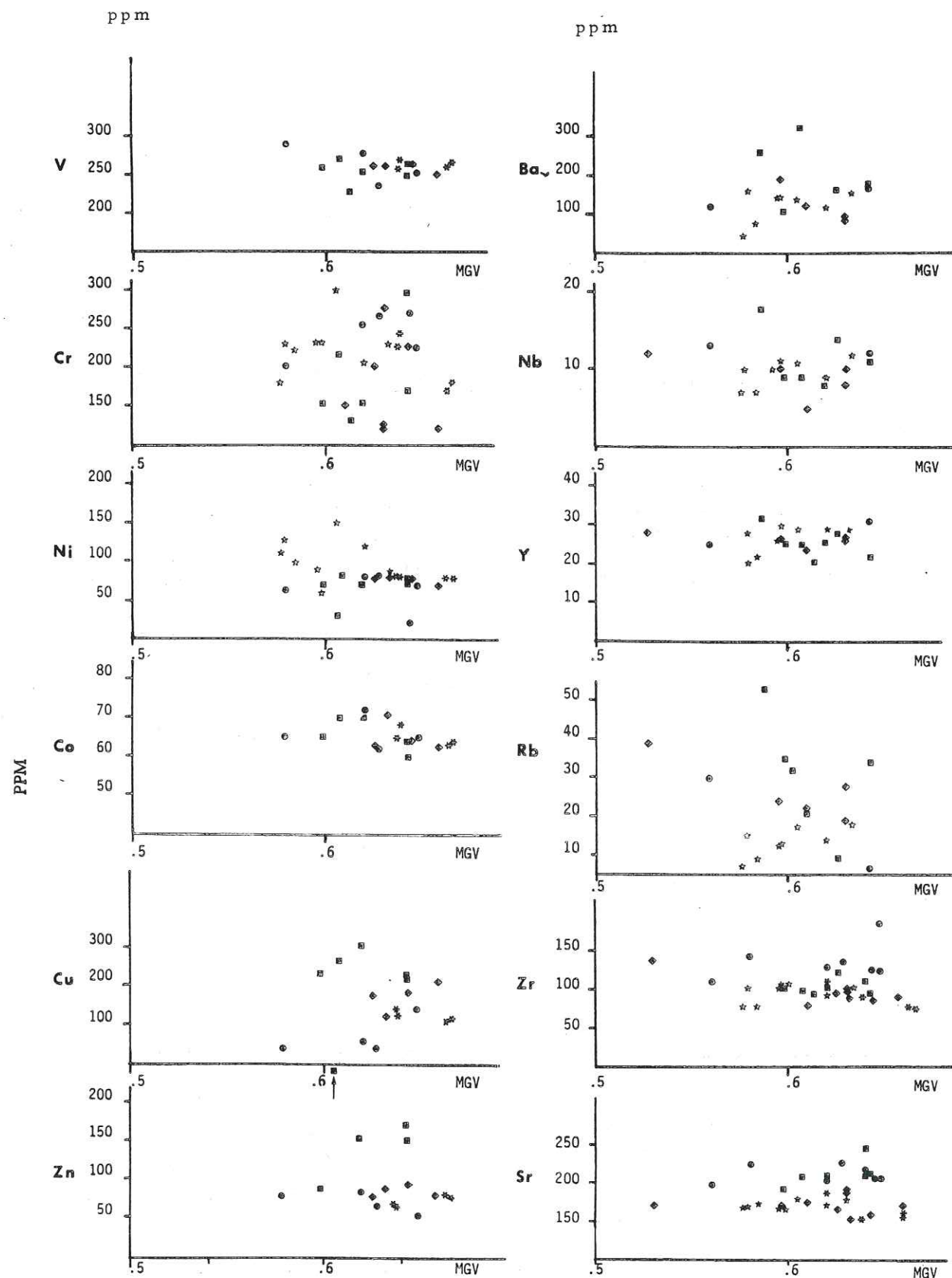


FIG 106 - Diagramme de variation des éléments en traces au cours de la différenciation (MGV)

IV.6.4- VARIATION DES ELEMENTS EN TRACES AU COURS DE LA
DIFFERENCIATION (fig 106)

Ces diagrammes montrent une très grande dispersion des éléments. Ceci est sans doute imputable à un manque de précision analytique, compte tenu du faible degré de différenciation des laves. Toutefois certaines tendances évolutives ont pu être esquissées.

Les éléments de transition (Cr.Ni.Co.V) sont les plus rapidement entraînés par les minéraux de cristallisation précoce.

● *Le chrome*

Aucune tendance n'est observée vis-à-vis du M.G.V. On constate, toutefois, que la Formation Récurrente s'individualise par des teneurs plus faibles (103 ppm) que le reste de la série.

Des rapports Cr/Ni (respectivement 2.29 pour la Formation Inférieure, 2.63 pour les Formations Supérieure et Intermédiaire, 1.71 pour la Formation Récurrente) paraissent trop élevés pour témoigner d'un héritage mantellique. Ils vont à l'encontre des données de TUREKIAN (1963) qui admet un héritage du manteau pour des valeurs comprises entre 1.3 et 1.6.

Il semble que le chrome se localise dans les pyroxènes des faciès peu différenciés (p.143)

● *Le nickel*

Il montre des teneurs relativement constantes. Seuls les échantillons des centres d'émission s'isolent de l'ensemble de la série par des teneurs plus élevées.

● *Le Vanadium*

V est globalement constant dans les Formations Inférieure, Intermédiaire et Supérieure. La différence marquée par des teneurs très supérieures au sein de la Formation Récurrente, confirment les hypothèses déjà émises sur un magma originel distinct du reste de la série.

D'après l'étude faite sur les formations transformées (Talatst et Asni-Wirgane), on constate que le vanadium ne se concentre ni dans les plagioclases, ni dans les pyroxènes.

On s'accorde actuellement à penser que V se concentre dans la titanomagnétite en remplaçant Fe³⁺.

• *Le cobalt*

Co offre des valeurs constantes depuis la Formation Inférieure jusqu'à la Formation Récurrente. Le cobalt, compte-tenu de son rayon ionique (0.72) se substituerait à Fe (rayon ionique 0.74).

On remarque, à partir de l'étude des formations transformées (p. 99), que l'évolution du Co est analogue à celle de MgO. Ceci confirme sa concentration dans les pyroxènes. La chute de Co observée dans les faciès de sommet de coulées des formations transformées signerait le lessivage deutérique des pyroxènes dans ces horizons.

• *Le baryum*

Ces faibles teneurs sont caractéristiques des magmas tholéitiques. Sa concentration dans les plagioclases est confirmée par l'étude des formations transformées où sa diminution brutale semble accompagner le lessivage des plagioclases.

Toutefois, on constate, au sein de ces mêmes formations, qu'une augmentation du pourcentage de K₂O s'accompagne d'une augmentation de Ba. Cette augmentation on confirme la corrélation positive entre K et Ba émise par HEIER (1962)

• *Le zirconium*

Zr montre une corrélation négative avec le M.G.V et confirme ainsi sa concentration dans les faciès les plus différenciés. La Formation Inférieure se distingue du reste de la série par des valeurs systématiquement plus élevées (100-200 ppm).

• *Le strontium*

Il montre une corrélation positive avec le M.G.V. Ces valeurs sont relativement constantes. Il est néanmoins possible d'observer des valeurs plus élevées dans les formations transformées. Elles iraient dans le sens des observations de HEIER (1962) qui a montré que le strontium se concentrait essentiellement à l'intérieur de la composition oligoclase-labrador.

• *Le rubidium*

Le rubidium montre par une corrélation négative avec le MGv (moins bien marquée pour la Formation Supérieure), son incompatibilité relative vis-à-vis des groupements cristallins.

Une corrélation positive entre K et Rb traduit un enrichissement dans la phase résiduelle.

• *Le niobium*

Le niobium montre une grande variabilité avec le M.G.V.

• *L'yttrium*

Il se caractérise par des valeurs constantes. Toutefois, il montre une légère corrélation positive avec le potassium.

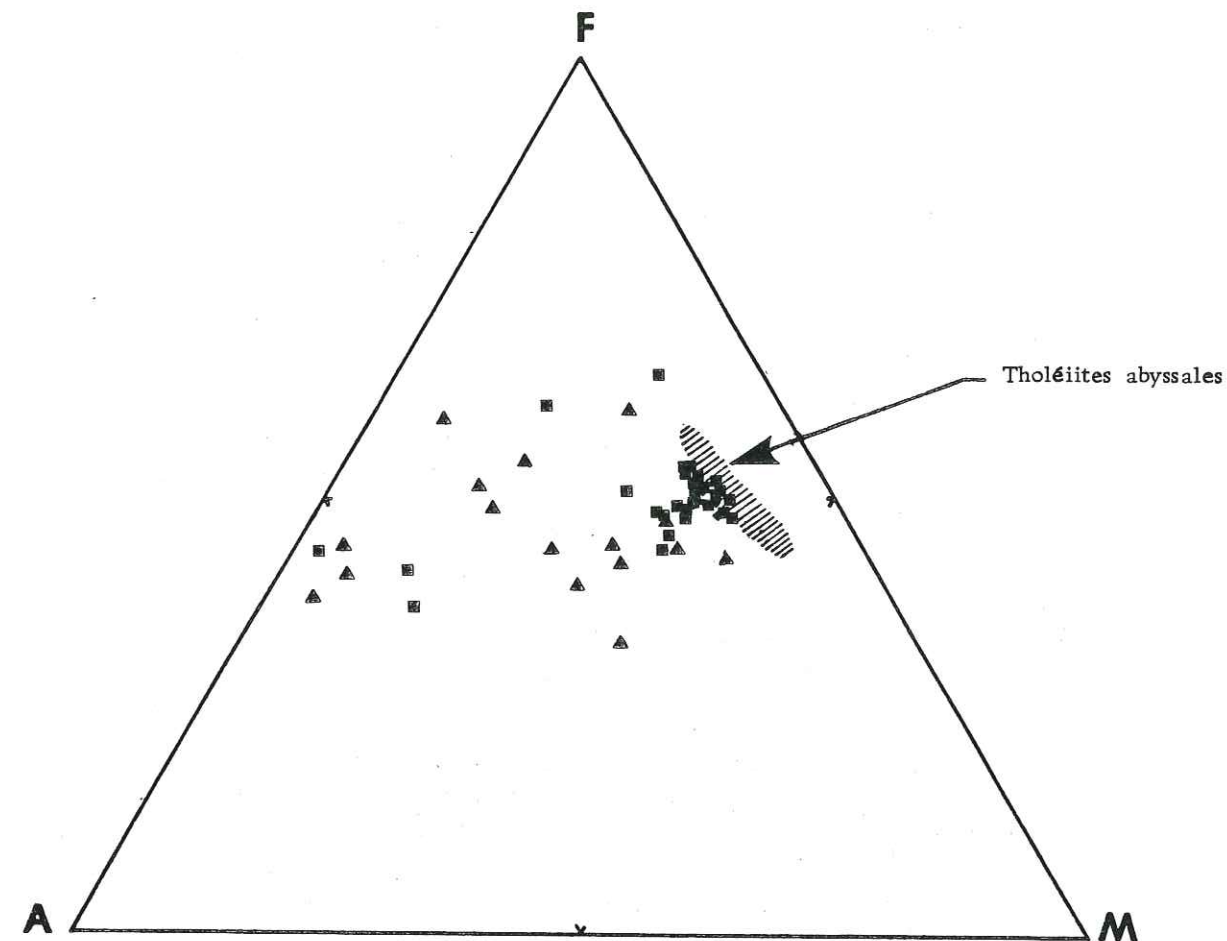


FIG 107 - Diagramme A. F. M.

▲ : Volcanisme permien
■ : Volcanisme fini-triasique

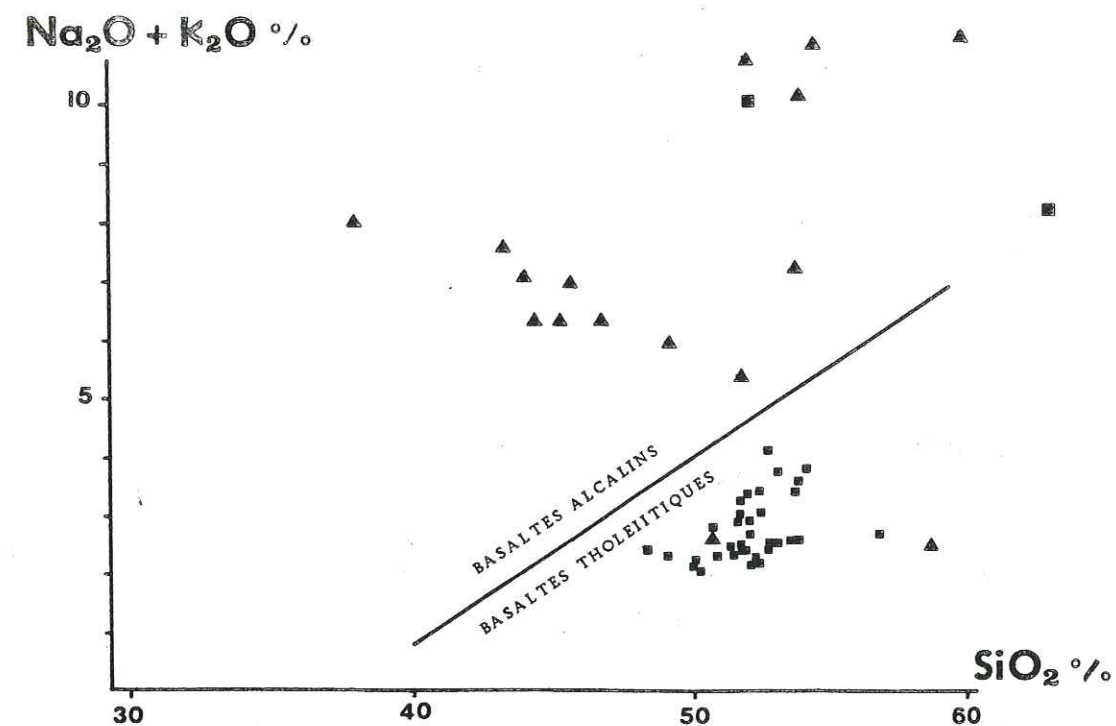
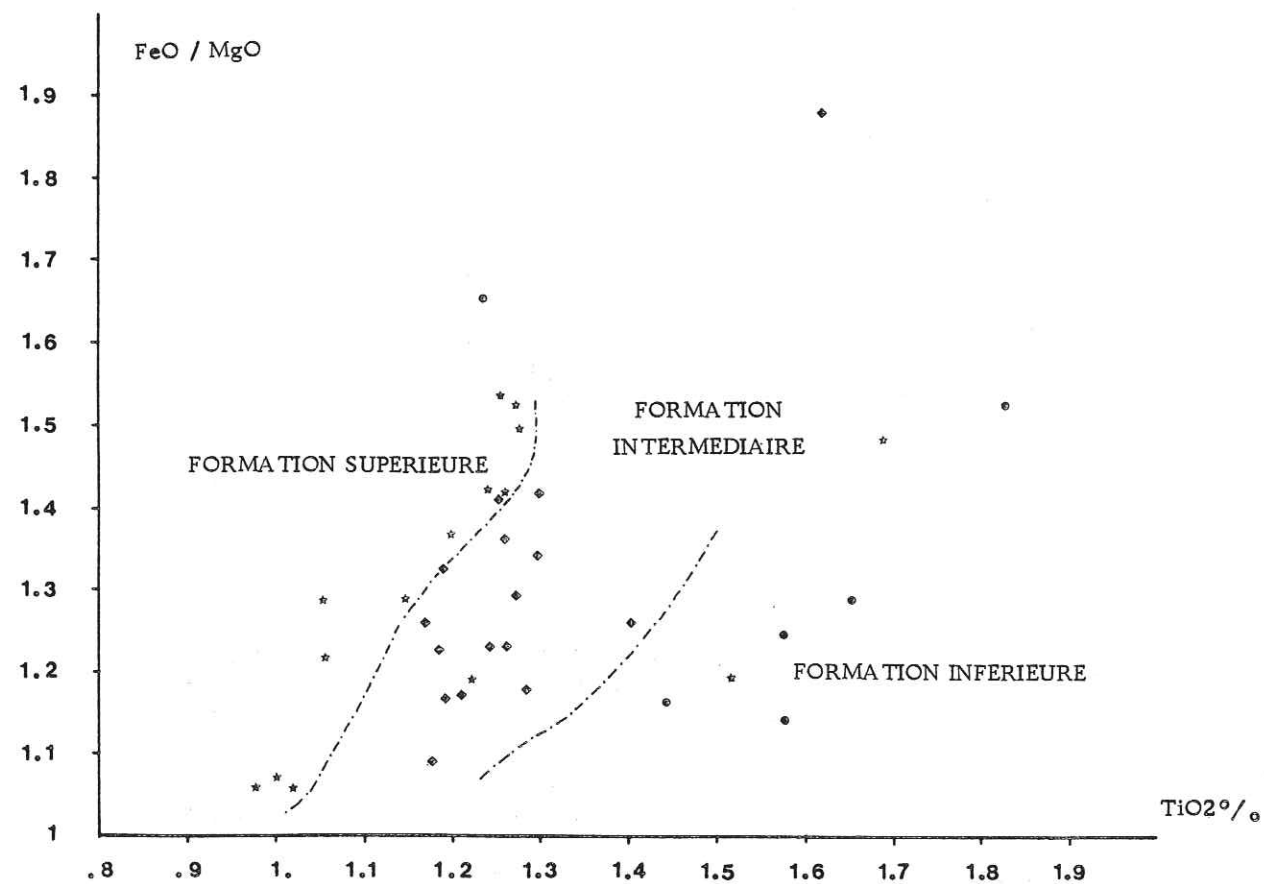
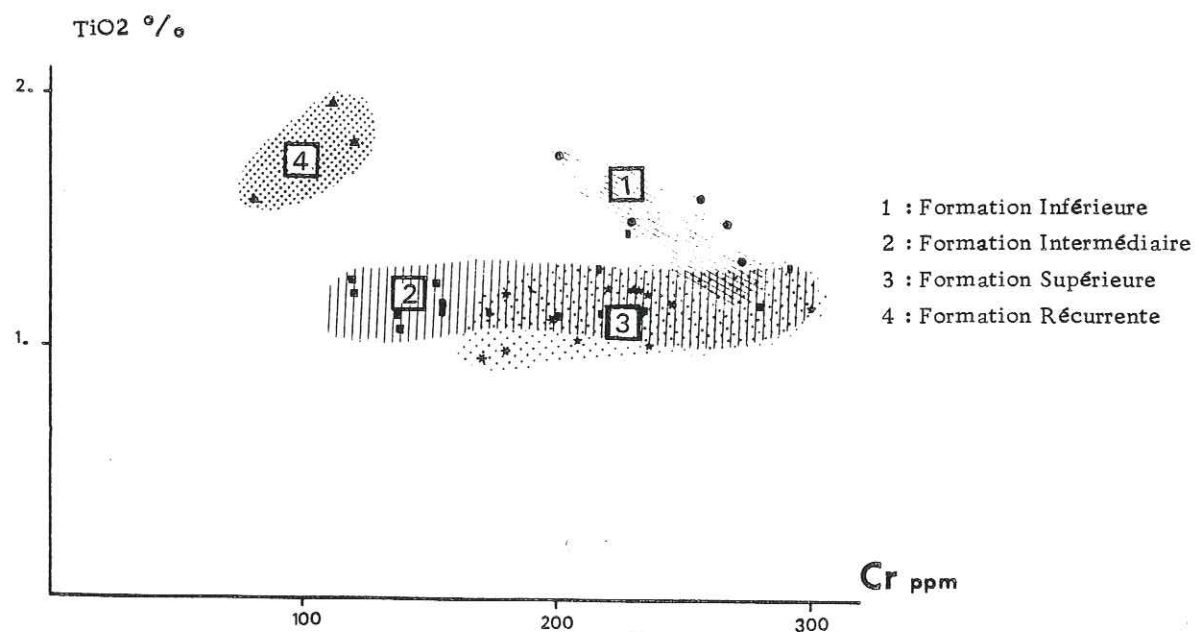


FIG 108 - Diagramme Alcalins / silice

▲ : Volcanisme permien
■ : Volcanisme fini-triasique

FIG 109 - Diagramme FeO/MgO / TiO₂FIG 110 - Diagramme TiO₂ / Cr.

IV.6.5- CONCLUSION

Le strontium confirme par ses faibles valeurs la nature tholéiitique du magma originel.

Les éléments de transition (Cr, Ni) montrent une légère diminution depuis la Formation Inférieure jusqu'à la Formation Supérieure et signalent leur faible variabilité au cours de la différenciation.

Les diagrammes plats observés pour tous ces éléments traduisent le caractère modéré de la différenciation magmatique.

Pour les éléments majeurs, la Formation Récurrente semblait s'individualiser du reste de la série. Il semble qu'un certain nombre d'éléments Cr, Ni, Co, V (éléments de transition) confirme l'originalité du magma originel pour cette formation.

IV.6.6- LES DIFFERENTES FORMATIONS

Si la séparation entre les différentes Formations s'avère relativement aisée sur le terrain, les caractères géochimiques ne permettent pas toujours de distinguer la Formation Intermédiaire de la Formation Supérieure.

L'étude des pyroxènes a permis de distinguer 3 groupes sans pour autant, séparer la Formation Intermédiaire de la Formation Supérieure.

Un diagramme, réalisé à partir des analyses chimiques sur roche totale, a été utilisé pour essayer de discerner les différentes Formations.

Diagramme FeO/MgO/TiO₂ (fig. 109).

Ce diagramme reflétant en fait la différenciation au sein de chaque formation, permet de discriminer par des trends différents, les formations Intermédiaire, Supérieure et Récurrente.

Le diagramme TiO₂ / Cr (fig 110) permet de mettre en évidence trois groupes mais sa représentativité, compte tenu de la grande variabilité du chrome, reste très limitée.

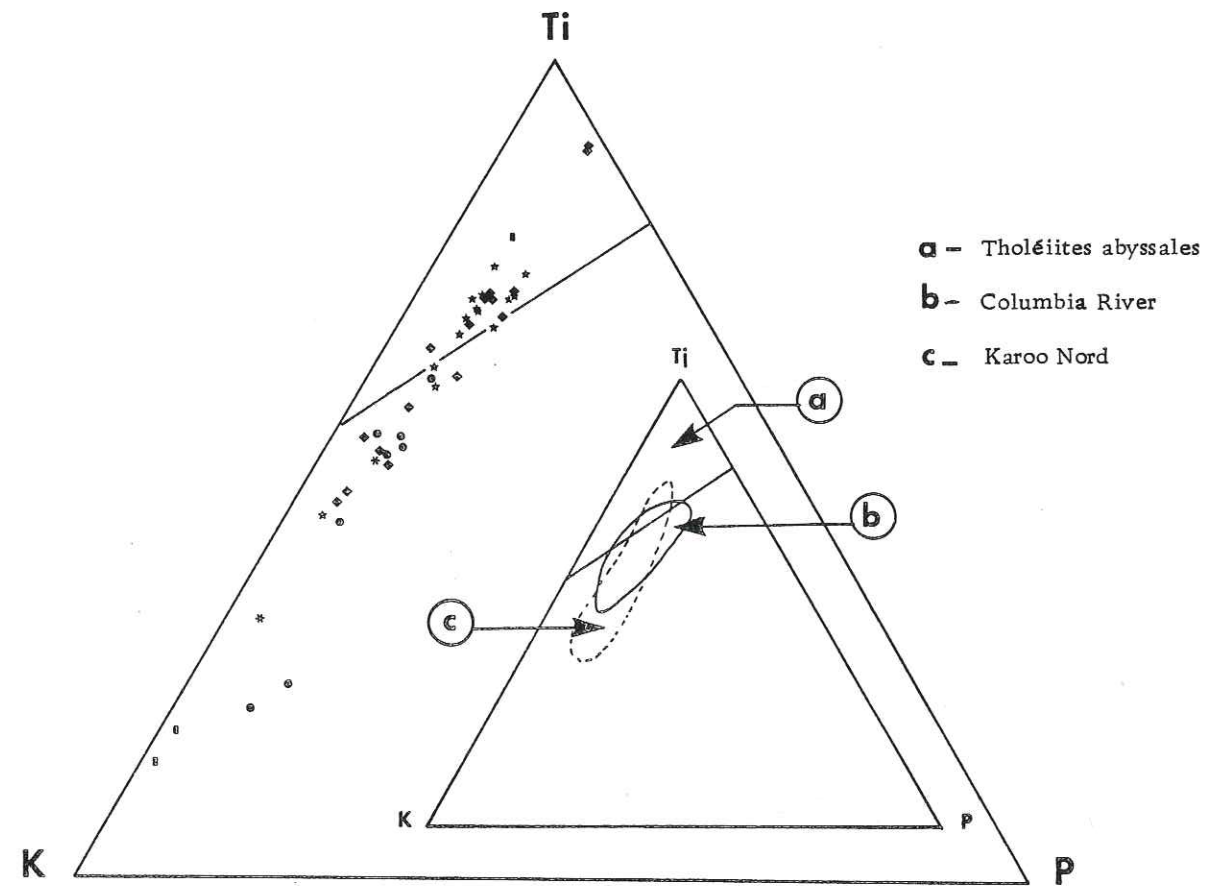


FIG 111 - Diagramme $TiO_2 / K_2O / P_2O_5$ (Pearce et al. 1975) pour les différentes formations du volcanisme fini-triasique du Haut-Atlas de Marrakech. (même légende que fig. 96)

CHAPITRE V

CONCLUSIONS

CHAPITRE V - CONCLUSIONS.....	171
V-1 LE VOLCANISME PERMIEN.....	173
V-1-1 Contexte de mise en place.....	173
V-1-2 Les phénomènes magmatiques.....	173
V-1-3 Pétrographie.....	173
V-1-4 Géochimie.....	173
V-2 LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE.....	174
V-2-1 Contexte de mise en place.....	174
V-2-2 Les phénomènes magmatiques.....	174
V-2-3 Pétrographie.....	175
V-2-4 Minéralogie.....	175
V-2-5 Géochimie.....	175
V-3 COMPARAISONS ENTRE LE VOLCANISME PERMIEN ET LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE.....	177

CHAPITRE V - CONCLUSIONS GENERALES

La série permienne et triasique de l'Atlas est marquée par deux épisodes volcaniques, respectivement, l'un à la base du Permien, l'autre au sommet du Trias.

Si le volcanisme permien n'est représenté que très ponctuellement dans l'Atlas, le volcanisme fini-triasique affleure de façon continue et n'est que le témoin local d'un vaste trapp signant l'ouverture de l'Atlantique.

V.1- LE VOLCANISME PERMIEN

V.1.1- CONTEXTE DE MISE EN PLACE

Les épanchements sont intercalés entre deux horizons conglomératiques signant un milieu de dépôt typiquement continental.

Le volcanisme s'inscrit parfaitement parmi le volcanisme permien connu en Espagne (VIRGILI, 1977), dans les Pyrénées (LUCAS, 1977) et dans les Alpes (FABRE, 198).

V.1.2- LES PHENOMENES MAGMATIQUES

Il s'agit de coulées, sans doute d'extension, relativement faible peu épaisses (5 à 10 m en moyenne).

L'émission a eu un caractère explosif comme en témoignent des horizons de retombées volcaniques granoclassées (Annrar).

La présence d'un affleurement à Aguer gour sur un accident N 110° laisse éventuellement penser à une alimentation de ce volcanisme par des fractures héritées d'une tectonique tardi-hercynienne.

V.1.3- PETROGRAPHIE

Il s'agit de dolérites à structure intersertale en base de coulée évoluant vers des laves microlitiques, plus ou moins fluidales en sommet de coulée.

Ces derniers peuvent être localement spilitisés (Annrar), et montrent alors des paragenèses de basse température: albite, chlorite et calcite.

V.1.4- GEOCHIMIE

Le volcanisme semble occuper une position intermédiaire entre un volcanisme alcalin et un volcanisme franchement tholéitique.

Il est marqué par un caractère hyperpotassique, parfois masqué par une spilitisation (Annrar).

La spilitisation peut résulter d'un processus hydrothermal par assimilation d'une phase fluide superficielle riche en NaCl, eau d'un lac salé (vaporisation) ou d'un sédiment gorgé d'eau (transvaporisation).

Elle correspondrait à un échange ionique de type Na-Ca, le sodium concentré dans le fluide hydrothermal se substituerait au calcium des plagioclases (et pyroxènes) pour donner de l'albite et une phase carbonatée résiduelle qui apparaît actuellement sous forme de vacuoles de calcite.

Des analyses ponctuelles à la microsonde (Camebax) sur des transversales à proximité des vacuoles ont révélé dans des laves fini-triasiques des variations de composition chimique qui semblent ne pas être étrangères à la phase fluide. L'enrichissement observé simultanément dans les plagioclases et les pyroxènes témoignerait d'un échange ionique Na-Ca entre la phase fluide et la phase silicatée. Toutefois, cette observation mériterait d'autres analyses qui devraient être effectuées pour généraliser cette observation.

Le caractère hyperpotassique pourrait avoir une origine plus précoce.

L'affinité tholéitique de ce volcanisme laisse penser à des prémices d'ouverture et donc à un léger amincissement crustal. L'enrichissement en potassium, parfois important, ne peut pas trouver une explication par un simple processus de contamination crustale et l'idée d'une contamination superficielle (socle précambrien et paléozoïque) reste donc envisageable.

Compte-tenu de l'état actuel de nos connaissances sur le volcanisme permien de l'Atlas, et de façon plus générale sur l'ensemble volcanisme permien du Maroc, je crois qu'il serait abusif de vouloir pousser plus loin l'interprétation.

V.2- LE VOLCANISME FINI TRIASIQUE

V.2.1- CONTEXTE DE MISE EN PLACE

Les coulées se sont mises en place dans un milieu intertidal à supratidal (BIRON, 1982).

Il pourrait être comparable sur ce plan avec le volcanisme triasique d'Espagne (VIRGILI 1977), des Pyrénées (AZAMBRE et al. 1981), et à celui des Alpes (ADLINE, 1982).

V.2.2- LES PHENOMENES MAGMATIQUES

La série volcanique se présente comme un empilement de quatre formations:

- La Formation Inférieure composée de quelques coulées altérées;
- La Formation Intermédiaire renfermant deux coulées prismées;
- La Formation Supérieure est représentée par une seule coulée prismée (géodes d'améthyste).
- La Formation Récurrente est caractérisée par une coulée de 5 m de puissance séparée du reste de la série par des silts rouges, attribués à la base du Lias (FERRANDINI, 1982).

Un âge infra-liasique doit donc être envisagé.

Ces quatre formations sont séparées par des horizons sédimentaires:

- le niveau sédimentaire inférieur, limitant la Formation Inférieure de la Formation Intermédiaire, est matérialisé par 10 à 25 cm d'argiles rouges silicifiées.

- le niveau sédimentaire supérieur, limitant la Formation Inférieure de la Formation Intermédiaire correspondant à 1 à 2,5 m de sédiments lacustres;

- les silts infra-liasiques séparent la Formation Supérieure de la Formation Récurrente.

Des centres éruptifs matérialisés par des gerbes de prismes de 20 à 30 m de diamètre, ont été observés dans la partie occidentale du secteur (col du Tizo Ouzla). Ils s'alignent selon une direction N 110°, et traduisent le rejeu d'accident tardi-hercyniens lors de la distension triasique. Les observations de terrain et la géochimie permettent de les rattacher à la Formation Supérieure.

Chaque épanchement est accompagné d'une phase fluide hydrothermale migrant en sommet de coulée au cours du refroidissement.

Des coulées montrent parfois dans leur partie sommitale des horizons transformés très riches en préhnite, correspondant à une disparition complète de la paragenèse basaltique initiale.

Ces formations transformées, compte-tenu de leur environnement, de mise en place à proximité des centres éruptifs, correspondent à un lessivage à caractère deutérique résultant du piégeage d'un fluide hydrothermal, au sein d'épanchement se succédant très rapidement dans le temps.

La préhnitisation de certains horizons serait précédée par une calcitisation. Il est peut-être possible d'entrevoir à travers de telles modifications un processus qui dans des conditions de température et de pression différentes pourrait éventuellement conduire à une spilitisation.

V.2.3- PETROGRAPHIE

On observe tous les intermédiaires depuis les dolérites à structure intersertale microgrenue jusqu'aux microdolérites porphyriques. La présence de plages cristallitiques très finement cristallisées autour des vacuoles montre la coexistence du fluide hydrothermal et du liquide silicaté au moment du refroidissement, et son influence sur la cristallisation.

V.2.4 MINERALOGIE

L'étude minéralogique et, plus particulièrement, l'étude sur les pyroxènes, a permis de distinguer les différentes formations. Toutefois, la distinction entre les Formations Intermédiaire et Supérieure n'est toujours pas évidente.

V.2.5- GEOCHIMIE

Déjà caractérisée par BERTRAND en 1975, cette étude a tenté de discriminer chacune des formations, de montrer, en les plaçant dans les diagrammes discriminants classiques, l'évolution depuis les tholéites à caractère continental (Formation Inférieure) jusqu'à des tholéites à caractère légèrement plus océanique (Formations Intermédiaire et Supérieure). Cette évolution témoignerait d'une évolution du manteau due au processus d'ouverture océanique.

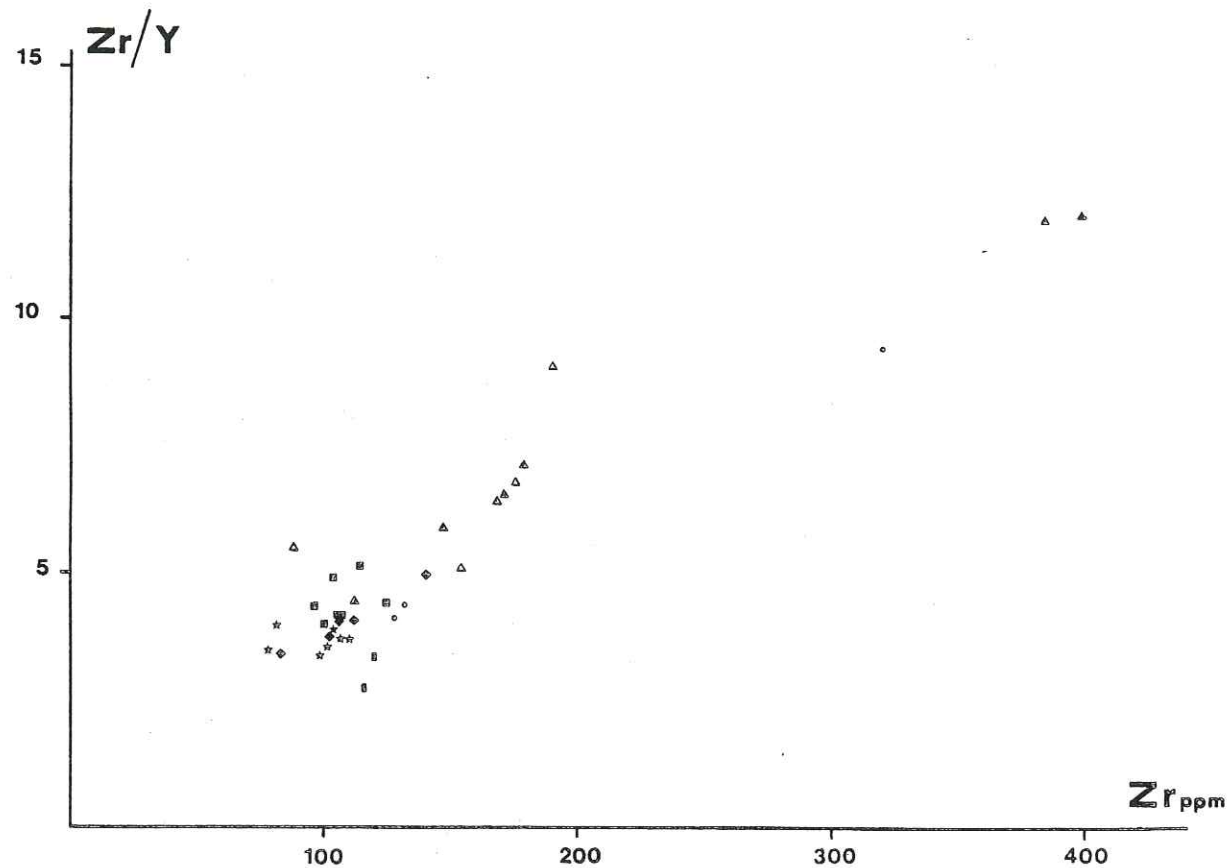


FIG 112 - Diagramme Zr/Y / Zr

- △ ▲: Volcanisme permien
- : Formation Inférieure
- : Formation Intermédiaire
- ★: Formation Supérieure
- : Formation Recurrente

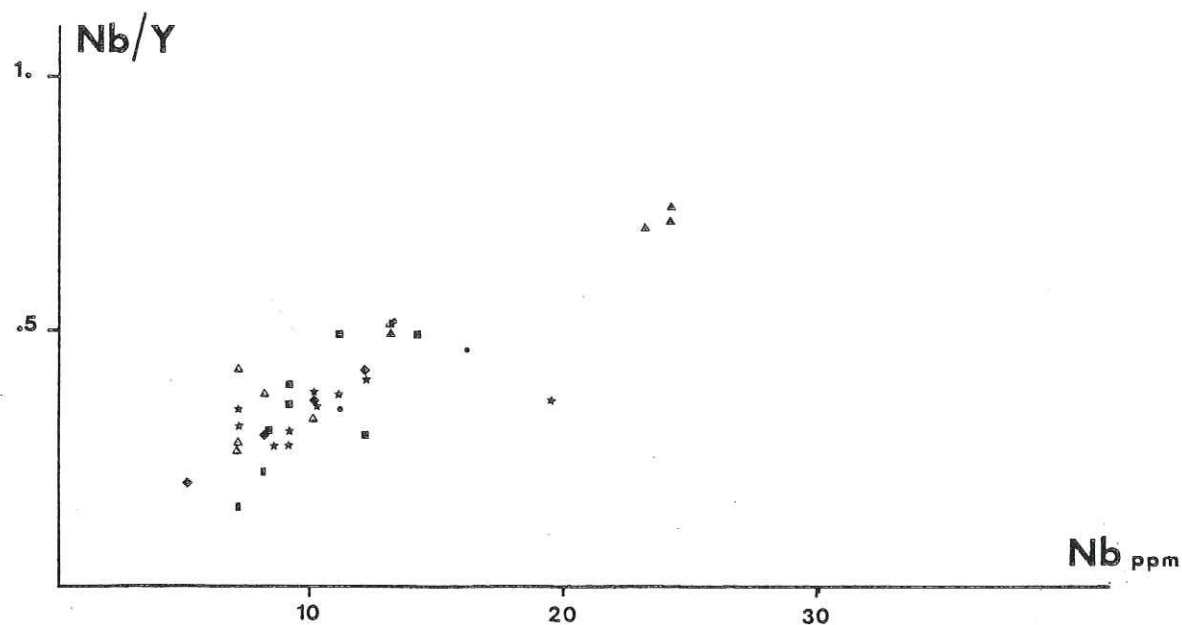


FIG 113 - Diagramme Nb/Y / Nb

V.3- COMPARAISON ENTRE LE VOLCANISME PERMIEN ET LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE

Depuis les premières études sur l'Atlas (MORET, 1931), les auteurs s'accordent sur le terme de série permo-triasique à cause d'une apparente continuité sédimentologique depuis la base du Permien, jusqu'au sommet du Trias.

Cette continuité sédimentologique semble confortée par de nombreuses similitudes entre le volcanisme permien et le volcanisme fini-triasique de l'Atlas, témoignant sinon d'un même contexte géodynamique, tout au moins d'un même cycle évolutif.

Dans ce paragraphe, ne seront abordés que les caractères magmatologiques et géodynamiques du volcanisme, depuis le Permien jusqu'à la fin du Trias. (fig 114)

L'affinité tholéitique du volcanisme permien invite:

- à le corrélérer avec le volcanisme fini-triasique et ce malgré les 65 M.a. qui les séparent.
- à proposer un modèle géodynamique très schématique en tenant compte du nombre restreint d'échantillons et de l'extension géographique de la zone étudiée.

L'étude géochimique a montré (p.41), la tendance tholéitique à caractère continental du volcanisme permien. Le diagramme de Pearce (1975) (fig 111) a permis de suggérer une évolution de plus en plus océanique depuis la Formation Inférieure jusqu'à la Formation Supérieure au sein de la série fini-triasique. Ces faits observés pourraient être intégrés dans le cadre plus général du rifting précédent l'ouverture de l'Atlantique, dont ils seraient les témoins locaux.

Une évolution géochronologique de ce secteur pourrait être résumée par quelques grandes étapes, de la manière suivante: (fig 115)

- L'épanchement de basaltes tholéitiques à caractère continental à la base du Permien (260 M.a).
- Le Permien et le Trias sont marqués par une période de calme volcanique. Ils correspondent à l'individualisation d'un bassin et de son comblement par des faciès de plus en plus marins (BIRON 1982).
- A l'époque fini-triasique et à l'Infra-Lias, se met en place un vaste épanchement (de type tabulaire) de basaltes tholéitiques montrant une affinité océanique dans le haut de la série. Durant cette même période, des dykes de direction N 60°, seraient les témoins d'une fracturation de la croûte peu avant la rupture continentale (MAY 1971).

Dans cette optique, l'amincissement de la croûte et la montée du manteau, se feraient à l'époque tardi-triasique.

L'enrichissement en alcalins observé au sein du volcanisme permien, pourrait correspondre pour partie à la fusion du manteau supérieur (VARET, 1973). Toutefois, il n'est pas interdit de penser que des valeurs élevées en TiO₂ et en K₂O pourraient être imputables au moins partiellement, à une contamination crustale (SMITH, 1973), provoquant un enrichissement en éléments incompatibles (Ti, K, Ba, Rb).

On constate par ailleurs, que la Formation Inférieure du volcanisme fini-triasique, présente des teneurs élevées en TiO₂ et en K₂O (fig. 101.96) Elle se place en position intermédiaire entre le volcanisme permien et le volcanisme fini-triasique et pourrait correspondre à un stade initial du rifting.

Diagrammes Nb/Y / Nb et Zr/Y / Zr (TREUIL 1973).

Ces deux diagrammes montrent que l'ensemble des échantillons du volcanisme permien et fini-triasique, s'alignent selon une droite dont la pente est identique pour les deux diagrammes. L'alignement des échantillons selon une droite témoigne d'un processus de fusion partielle à partir d'une même source. La dispersion des points représentatifs du volcanisme fini-triasique incite à être prudent mais ne permet pas d'écarter définitivement cette hypothèse.

* Le volcanisme du Haut-Atlas, dans le cadre du volcanisme permien et fini-triasique du Maroc.

Le volcanisme du Haut Atlas, replacé par rapport aux divers ensembles magmatiques permien et fini-triasiques du Maroc, permet, en étudiant leurs relations chronologiques et structurales, de préciser l'évolution proposée.

Un volcanisme d'âge permien, acide à intermédiaire, a été décrit dans le Maroc central (EL WARTITI 1982, LE GUERN 1982) et dans le Maroc oriental (HERVOUET et al. 1982). Il s'agit de rhyolites, d'andésites et d'ignimbrites.

Dans le schéma classique d'ouverture océanique proposé par VARET (1973), ce volcanisme pourrait être assimilé au volcanisme rhyolitique observé en Afar, et correspondre alors à un stade initial précédant l'ouverture.

En conclusion, il semble que le volcanisme permien et fini-triasique du Haut Atlas occidental présente un modèle géodynamique cohérent avec ceux évoqués actuellement dans le cas d'une zone de rift (VARET, 1973).

- Le volcanisme permien serait le témoin d'un stade de pré-rifting.
- Le volcanisme fini-triasique serait contemporain du rifting.

LE VOLCANISME PERMIEN

LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE

CONTEXTE DE MISE EN PLACE	LE VOLCANISME PERMIEN	LE VOLCANISME FINI-TRIASIQUE
LES PHENOMENES MAGMATIQUES	<ul style="list-style-type: none"> - Milieu typiquement continental - Volcanisme intercalé entre deux horizons conglomératiques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Milieu intertidal à supratidal - Volcanisme intercalé dans des horizons silteux.
PETROGRAPHIE	<ul style="list-style-type: none"> - Coulées (5 à 10 m) superposées - Niveaux de retombées (cendres et blocs). - Centre d'émission ? (Aguergour) selon un accident N 110° passant au N. du Plateau du Kik. - Phase fluide hydrothermale (calcite) contemporaine de l'épanchement. 	<ul style="list-style-type: none"> - 4 Formations distinctes: <ul style="list-style-type: none"> - Formation Inférieure - Formation Intermédiaire (Fini-triasique) - Formation Supérieure - Formation Récurrente (Infra-triasique) séparées par des horizons sédimentaires - Centres d'émission (Col du Tizi-Ouzia) alignés suivant une direction N110° - Phase fluide hydrothermale (silice) contemporaine de chaque épanchement. (Géodes d'améthyste).
MINERALOGIE	<ul style="list-style-type: none"> - Paragenèse basaltique (base) <ul style="list-style-type: none"> - olivine - pyroxène (Aguergour) - plagioclase + Orthose - Paragenèse spilitique (sommet) <ul style="list-style-type: none"> - albite - chlorite - calcite 	<ul style="list-style-type: none"> - Paragenèse : <ul style="list-style-type: none"> - Olivine - pyroxène (augite + Pigeonite) - plagioclase (labrador) - Paragenèse d'altération: <ul style="list-style-type: none"> - chlorite - interstratifiés - céladonite - hématite - Distinction des différentes formations à partir de la composition chimique des pyroxènes.
GEOCHIMIE	<ul style="list-style-type: none"> - Volcanisme à affinité tholéitique continentale. - Caractère hyperpotassique 	<ul style="list-style-type: none"> - Volcanisme tholéitique, <ul style="list-style-type: none"> - Tholéites continentales: Formation Inférieure à affinité - Tholéites océanique: Formation Supérieure
TRANSFORMATIONS	<ul style="list-style-type: none"> - Caractère hyperpotassique <ul style="list-style-type: none"> - hydrothermalisme dans fractures en système distensif. - Splitisation <ul style="list-style-type: none"> apparition d'une paragenèse de type spilitique en sommet de certaines coulées 	<ul style="list-style-type: none"> - Lessivage deutérique (Formation Intermédiaire transformée) <ul style="list-style-type: none"> - calcitisation → préhnitisation
ORIGINE MAGMATIQUE	<ul style="list-style-type: none"> - Fusion partielle d'un manteau supérieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Fusion partielle du manteau
STADE PAR RAPPORT A L'OUVERTURE	Pré-rifting	Rifting

FIG 114 - Tableau comparatif du volcanisme permien et fini-triasique.

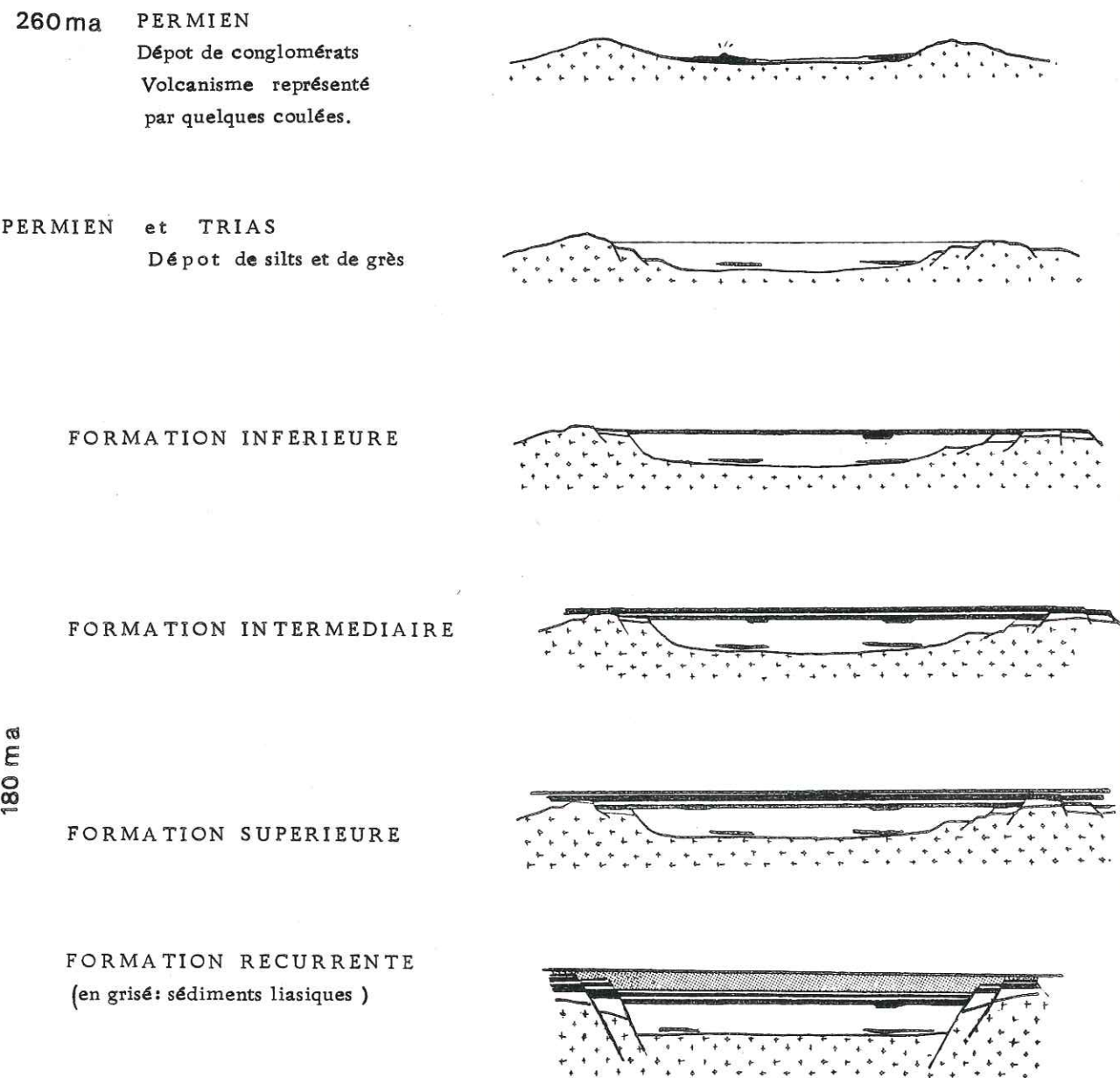
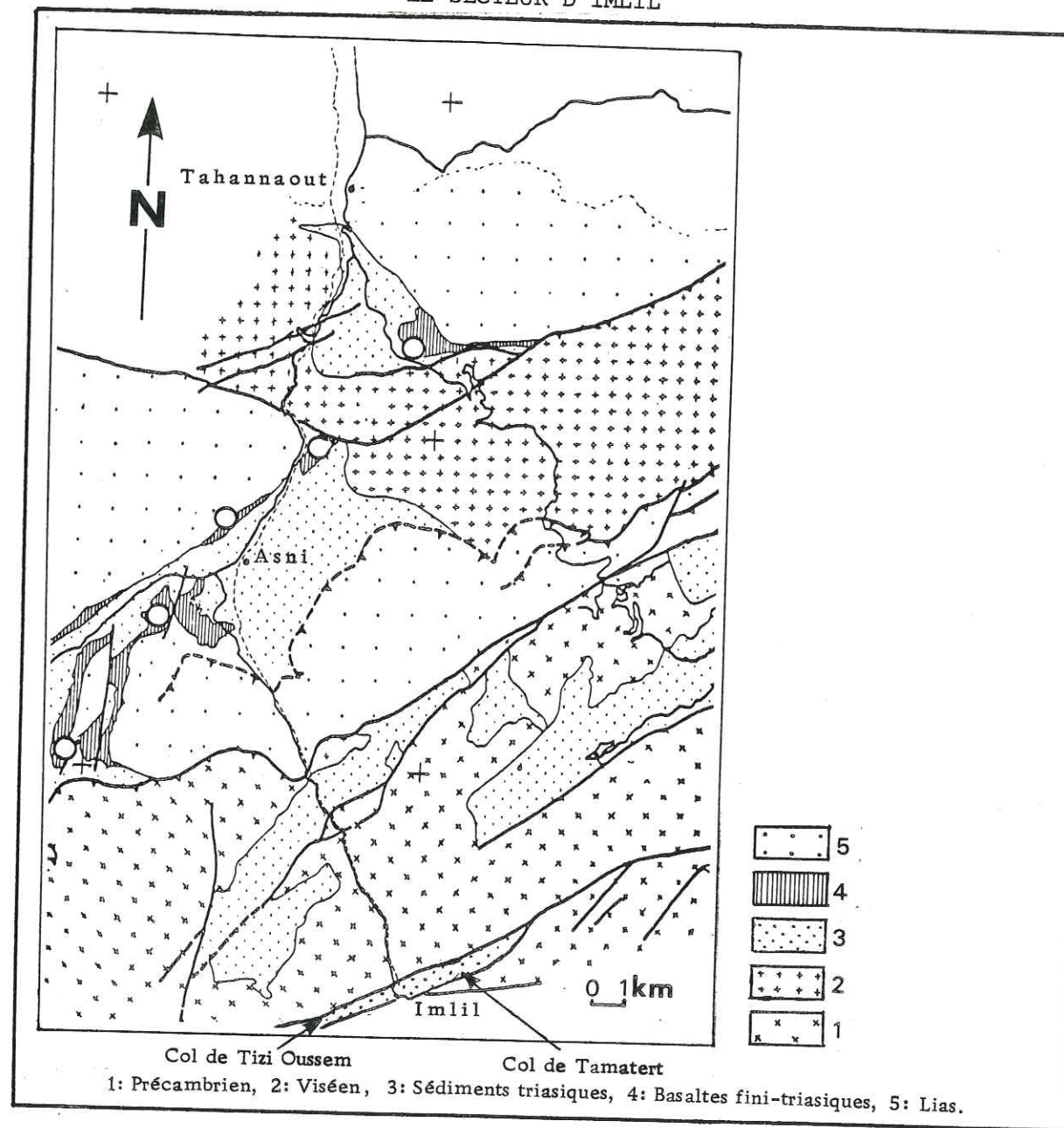
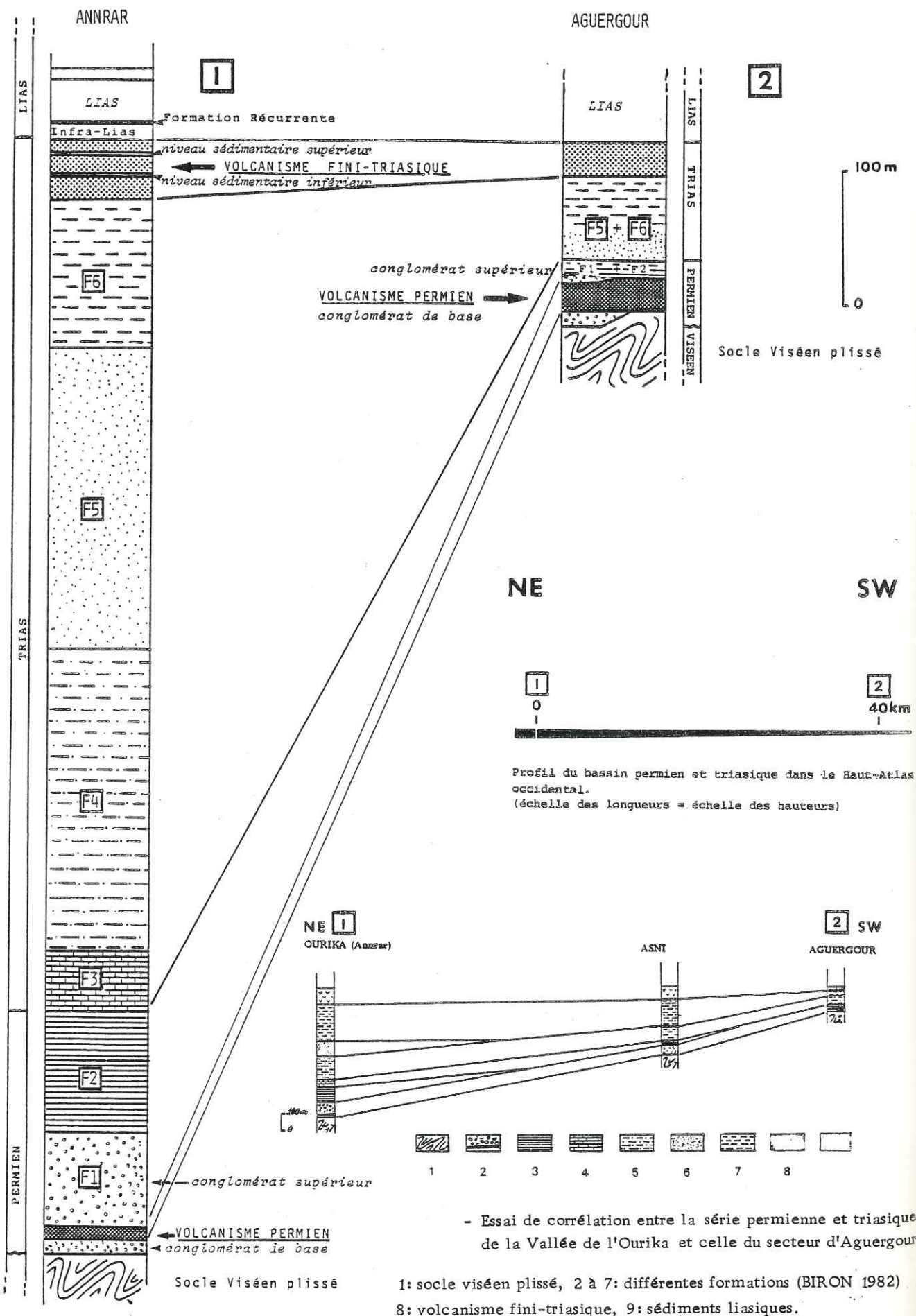


FIG 115 - Essai d'interprétation géodynamique. (théorique)

- : Socle précambrien à viséen .
 : Sédiments permien et triasiques ...
 : Différentes Formations.

ANNEXES

- ANNEXE N° 1 - Essai de corrélation entre la série permienne et triasique de la vallée de l'Ourika et celle du secteur d'Agouergour. 182
- ANNEXE N° 2 - Le secteur d'Imlil. 183
- ANNEXE N° 3 - Comparaison de la série volcanique fini-triasique dans le Haut-Atlas avec celle du Bassin de Rommani (Maroc Central). 184
- ANNEXE N° 4 - L'existence de faciès particuliers ("injectats") dans le secteur du Col du Tizi Ouzla semble apporter un argument en faveur de l'interaction lave-fluide hydrothermal. 186
- ANNEXE N° 5 - Polarité de série volcanique fini-triasique et éléments de tectonique atlasique dans le secteur de Dr. Dart et Dr Ait Tadla. 187



Le village d'Imlil se trouve à 20 km au S. SE. d'Asni au fond d'une vallée perpendiculaire à l'axe de la chaîne, au pied du Jbel Toubkal (4167 m). A partir du village d'Imlil, une vallée parallèle à l'axe de la chaîne, est constituée par une pincée de Trias dans le socle paléozoïque. Elle est limitée à l'est et à l'ouest par deux cols respectivement le col de Tamarert et le col de Tizi Ousse. Ces deux cols offrent un affleurement de basaltes fini-triasiques. Très affecté par la tectonique atlasique, ce secteur n'offre pas la possibilité d'observer de coulées. Il s'agit d'affleurements très localisés et de petites dimensions. (fig).

L'aspect macroscopique des roches de couleur vert clair laiteux laisse penser aux affleurements des séries transformées observées à Asni-Wirgane. Il s'agit de faciès vacuolaires avec un remplissage siliceux et calcitique des vacuoles, parfois associé à de la pumpellyite. La roche est ponctuée de petits grains de chalcopryrite avec une plus forte concentration à proximité des vacuoles.

Aucun argument de terrain ne permet de rapporter ces affleurements à l'une des formations de la série fini-triasique. Malgré des similitudes de contexte et de faciès, ils s'isolent géochimiquement. L'analyse d'un échantillon sur chaque secteur reste bien sûr insuffisante pour tirer des conclusions mais on constate que l'échantillon du col de Tamarert se place dans le champ des basaltes alcalins alors que celui du Col de Tizi Ousse se place dans le champ des basaltes tholéitiques et se rapproche donc de la série fini-triasique. (fig)

Comparaison de la série volcanique fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech
avec celle du bassin de Rommani (Maroc Central)

Des études menées par COGNEY et FAUGERES (1975) ont conduit ces auteurs à établir un certain nombre de coupes dans le bassin de Rommani (fig. p.185).

Bien que situées à 300 km au Nord du Haut-Atlas des similitudes d'affleurements frappantes ont été observées.

Eléments de comparaison

- L'existence d'un niveau sédimentaire silicifié à la base de la série de Rommani pourrait correspondre au niveau argileux rouge silicifié de l'Atlas (limite entre les Formations Inférieure et Intermédiaire. A Rommani, cet horizon surmonte 30 à 50 m de basalte qui pourraient alors être assimilés à la Formation Inférieure de l'Atlas.

- Surmontant ce niveau sédimentaire silicifié, la présence de pillow-lavas sur 5 à 15 mètres est fréquente et pourrait correspondre à la base de la première coulée de la Formation Intermédiaire de l'Atlas.

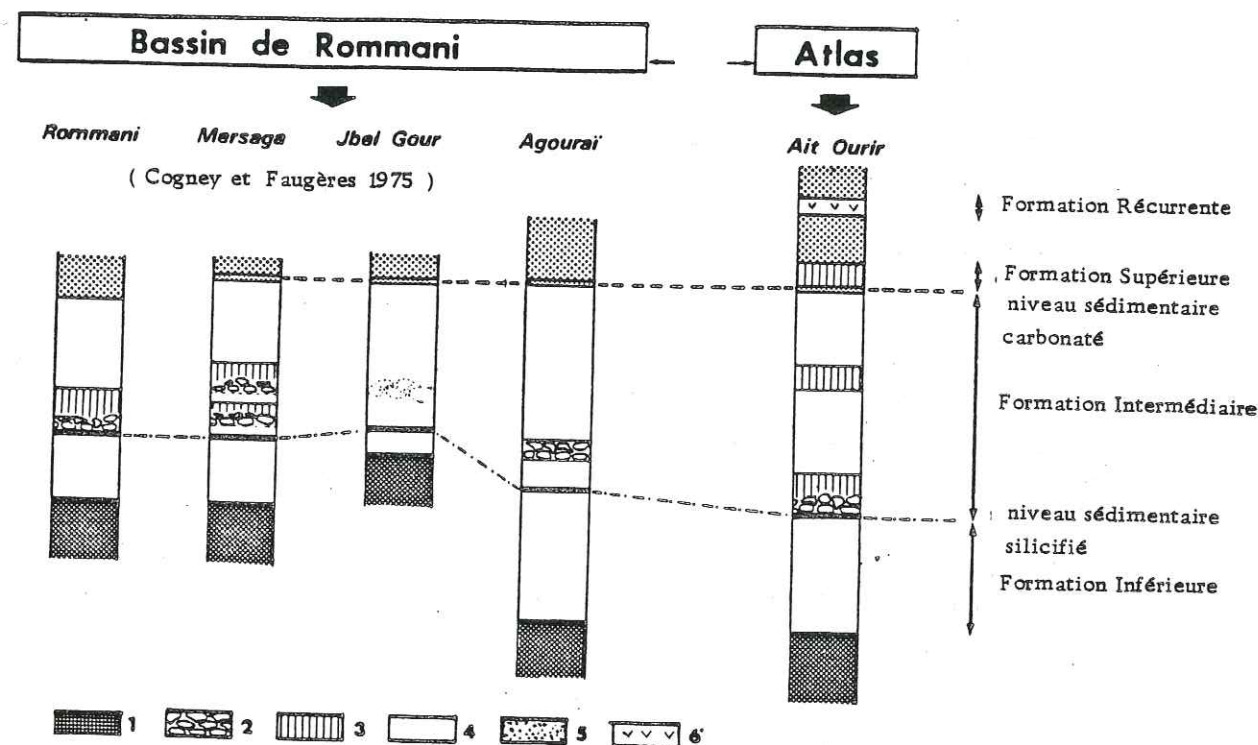
Ces auteurs décrivent d'ailleurs certaines coulées à pillow-lavas à la base et prismées au sommet, comme s'étant épanchées dans une faible tranche d'eau n'affectant que la partie basale.

La coupe de Merzaga (Bassin de Rommani) offre au-dessus de l'horizon sédimentaire silicifié (niveau sédimentaire inférieur de l'Atlas), une succession de coulées prismées qui rappelle la Formation Intermédiaire de l'Atlas.

- Un niveau sédimentaire carbonaté au sommet des épanchements ou intercalé entre les coupes comme dans la coupe d'Agourai (fig. p.185), est comparable à l'horizon sédimentaire lacustre limitant la Formation Intermédiaire et la Formation Supérieure dans l'Atlas.

Le rattachement de ce niveau à celui de l'Atlas est confirmé non seulement par la présence de bois fossiles silicifiés (cf. coupe n°3, p.70) mais aussi par l'existence de figures sédimentaires à structures ocellées dans les deux cas, témoignant d'un milieu de dépôt comparable. Ce milieu de dépôt est considéré comme marin très littoral, à la limite de l'émersion (domaine supratidal).

Compte-tenu de ces observations, une tentative de corrélation a été tentée et est représentée (fig. p.185).



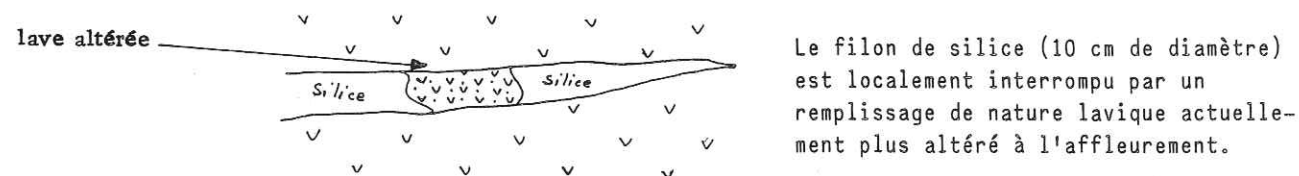
- Essai de corrélation entre les coupes du Bassin de Rommani et celles de l'Atlas.
1 : sédiments triasiques, 2: pillow-lavas, 3: coulées prismée, 4: succession de coulées, 5: sédiments liasiques, 6: coulée récurrente.

ANNEXE N° 4

L'existence de faciès particuliers dans le secteur du Col du Tizi Ouzla semble apporter un argument en faveur de l'interaction lave-fluide hydrothermal.

- Les filons de silice interrompus

Au sein d'une coulée de la Formation Inférieure un filon de silice montre l'aspect suivant:



Le filon de silice (10 cm de diamètre) est localement interrompu par un remplissage de nature lavique actuellement plus altéré à l'affleurement.

Une telle figure permet d'envisager que la silice a circulé dans le filon et que localement, (peut-être par des mouvements internes à l'épanchement) il y a eu scission dans l'écoulement de ce conduit. La lave encore fluide a été attirée dans ce secteur par un phénomène d'appel au vide.

Ces filons appartiennent à des sortes de réseaux dendritiques. Ce phénomène peut prendre des proportions plus importantes et on obtient des structures montrant des "injectats" de lave dans la lave (coulée) elle-même.

- Les "injectats"

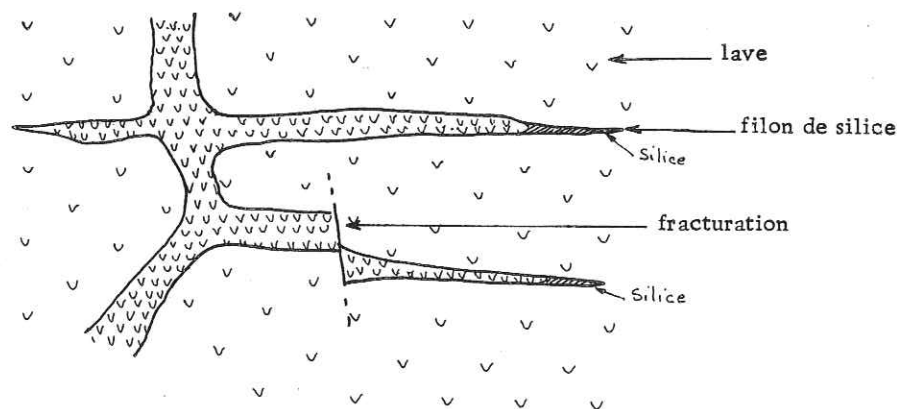
Dans la partie médiane de certaines coulées de la Formation Inférieure, un réseau de filons horizontaux et verticaux remplis par du matériel lavique altéré peut être observé.

Il représente sans doute le remplissage par une lave encore fluide d'un ancien réseau siliceux (dont la silice a migré vers le sommet de l'épanchement).

Des reliques de silice observées aux extrémités de certains filons confortent cette idée.

Des fractures observées dans certains filons, mais n'affectant pas les filons supérieurs signent la contemporanéité de la migration de la phase fluide avec l'épanchement.

Les filons horizontaux correspondent probablement à des mouvements internes de la coulée favorisant des ségrégations.



ANNEXE N° 5

POLARITES DE LA SERIE VOLCANIQUE FINI-TRIASIQUE ET ELEMENTS DE TECTONIQUE ATLASIQUE DANS LE SECTEUR DE Dr. DART ET Dr. AIT TADLA.

I - INTRODUCTION

L'observation des polarités de la série volcanique fini-triasique permet localement d'apporter des éléments sur la tectonique atlasique.

En particulier dans le secteur d'Aït Ourir où la tectonique atlasique chevauchante a été précisée par FERRANDINI et al. (1982), il apparaît possible localement, d'apporter des précisions supplémentaires relatives à la géométrie des chevauchements.

Une étude a été réalisée dans le secteur de Dr. Aït Tadla (Log. p. 81) et de Dr. Dart (Est d'Aït Ourir) et se trouve résumée par deux coupes, respectivement [1] et [2].

COUPE 1

Le redoublement de la série volcanique observé au Sud de Dr. Aït Tadla peut être interprété comme le résultat de l'évolution structurale suivante:

- une faille normale (γ) de direction N 100-110° affaisse un bloc correspondant au Jbel Bou Yidda (fig. p. 189 ④). De tels accidents, hérités d'une tectonique tardi-hercynienne et ayant contrôlé la sédimentation triasique, peuvent avoir guidé l'orientation des structures résultant de la tectonique atlasique;
- chevauchement (γ_2) du bloc méridional (Jbel Irhris n° Tafilelt, vers le Nord, entraînant le redressement du bloc médian (Jbel Bou Yidda). Ce redressement pourrait résulter d'un phénomène de blocage le long d'un accident N 100-110° (fig. p. 189 ④).

COUPE 2

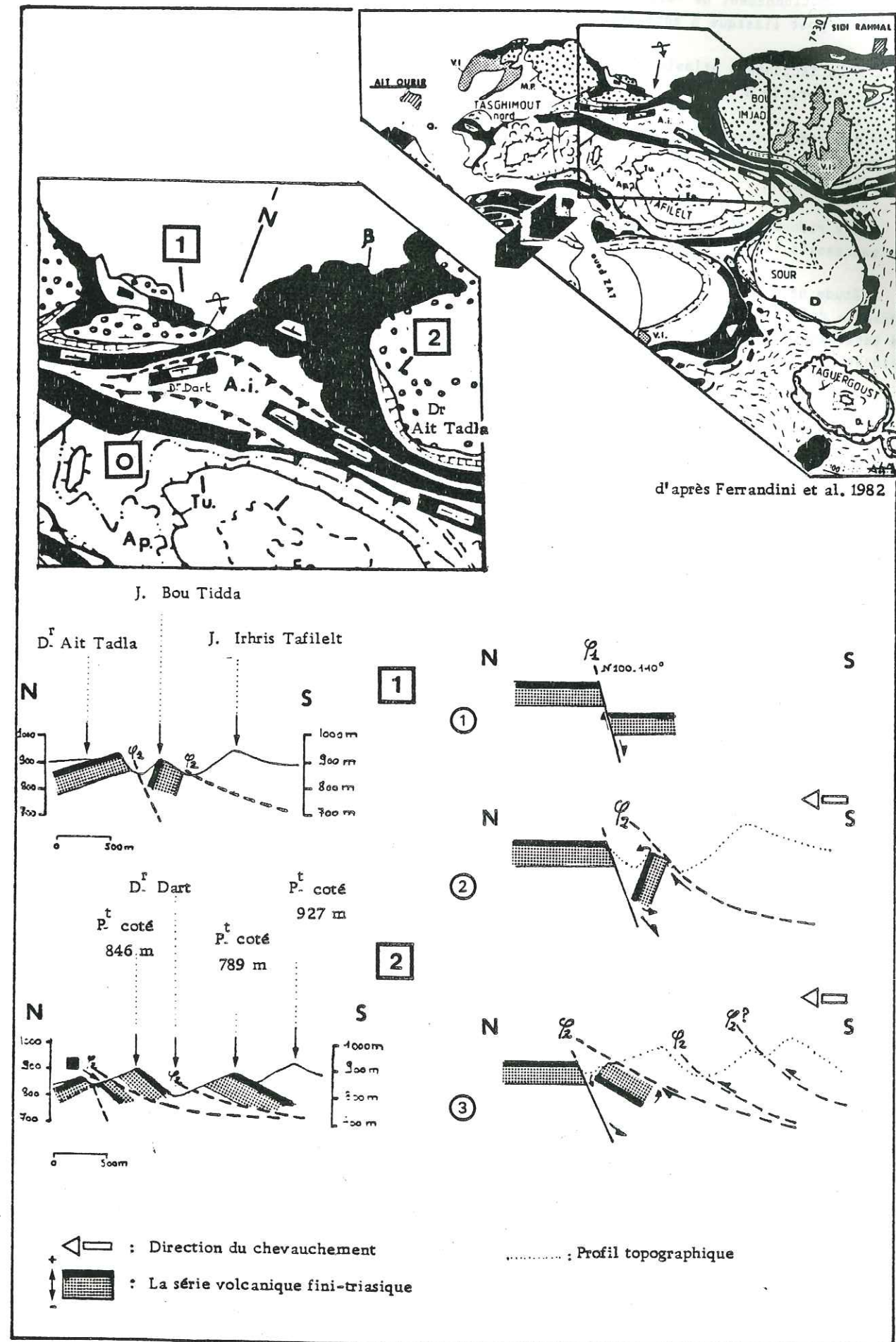
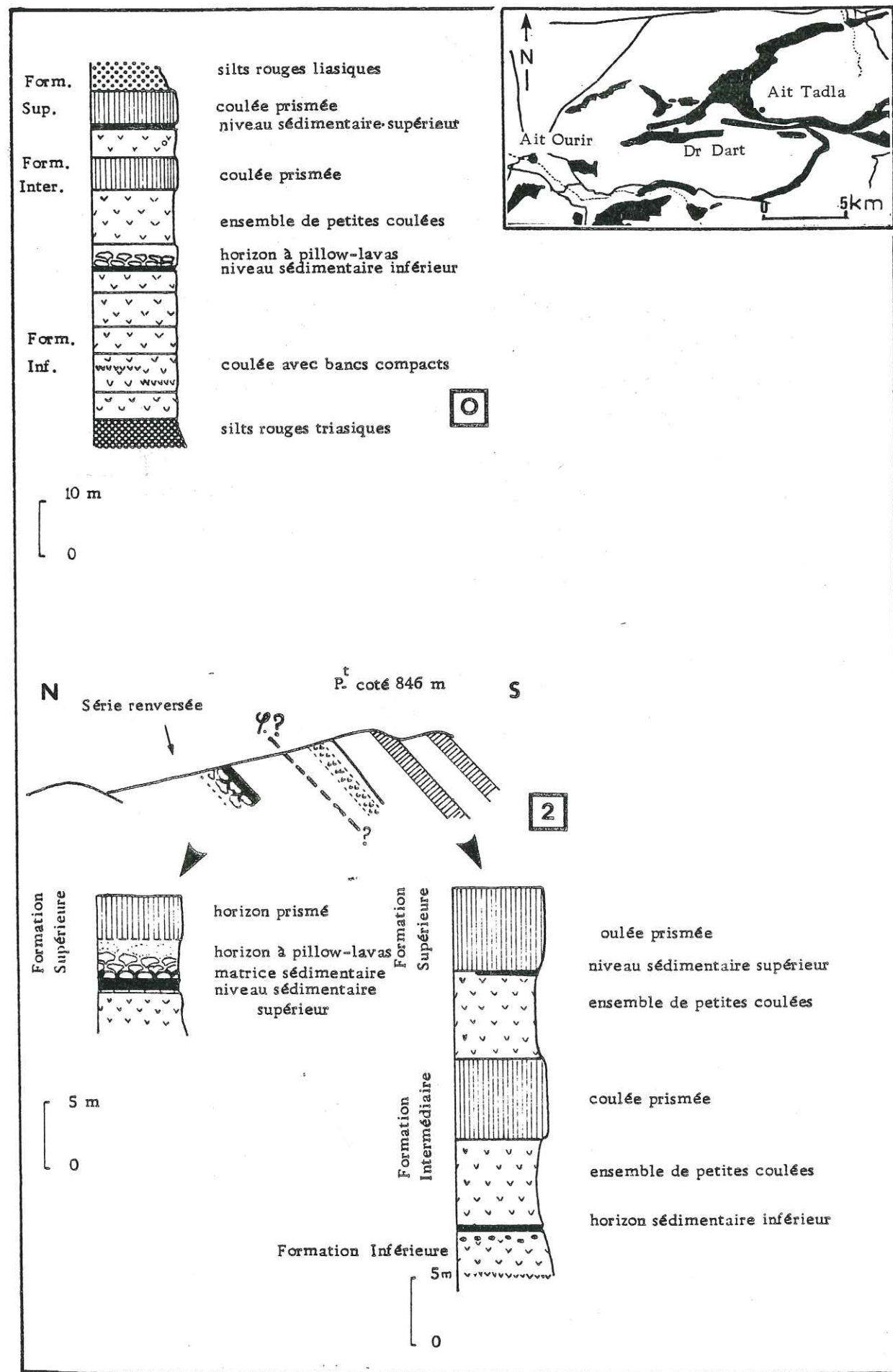
Par rapport à la coupe 1, on assiste à une accentuation du phénomène avec localement un renversement de la série volcanique (fig. p. 189). On constate par ailleurs que le secteur où la série volcanique est en position inverse, se trouve dans le prolongement de l'accident N 100-110 pour la coupe 1.

L'évolution structurale suivante peut donc être envisagée:

- Accident N 100-110° (γ) à compartiment méridional affaissé. Cet accident serait dans le prolongement de celui observé au Sud de Dr. Aït Tadla.
- Chevauchement (γ_2), localement représenté par une série d'écaillés, de la série mésocénozoïque vers le Nord. Ce chevauchement provoque au Sud, le redoublement de la série, et localement au Nord son renversement.

En conclusion

A travers la seule étude de la série volcanique fini-triasique une évolution tectonique peut être évoquée pour expliquer le redoublement local de la série.



d'après Ferrandini et al. 1982

1°/ Fonctionnement de failles normales N 100 à bloc sud effondré (φ_1). (Tectonique post liasique à anté-atlasique).

2°/ La tectonique atlasique se traduisant par des mouvements chevauchants (φ_2) vers le N

- des redressements de la série (Dr Aït Tadla, fig. p 189'), voire même des renversements (Dr Dart, fig. p 188 @) par un phénomène de blocage le long des anciens accidents (fig. 189);

- des redoublements de la série (au Sud de Sidi Rahhal et Aït Ourir) par écaillages successifs (FERRANDINI et al. 1982; LAVILLE, 1982; J.P. PETIT, 1982).

L'étude de la polarité de la série volcanique fini-triasique semble pouvoir apporter un ensemble d'éléments qui à côté d'une étude de l'environnement sédimentaire et d'une étude tectonique fine, permet de préciser tout au moins localement la géométrie des structures atlasiques.

BIBLIOGRAPHIE

- AOLINE G., BUFFET G. (1982).- Les carbonates de la paragenèse spililitique du volcanisme alcalin triasique du massif des Ecrins-Pelvoux. Arguments isotopiques pour une relation avec le carbone profond. 9ème R.A.S.T. Paris, 1982.
- AMUSTUTZ G.C. (1974).- Spilitic and spililitic rocks. Intern. Union of Geol. Sciences Serie A, Nb 4. Springer Verlag Berlin Heidelberg N.Y.
- AZAMBRE B., ROSSY M., ELLOY R. (1981).- Les dolérites triasiques (ophites) des Pyrénées: données nouvelles fournies par les sondages pétroliers en Aquitaine. B.S.G.F., 1981, (7), t. XXIII, n°3, p. 263-269.
- AZAMBRE B., ROSSY M. (1981).- Les dolérites triasiques (ophites) des Pyrénées: données nouvelles fournies par des sondages pétroliers en Aquitaine. B.S.G.F. 1981 (7), t. XXIII, n°3, p. 263-269.
- BERTRAND H., PRIOTON J.M. (1975).- Les dolérites marocaines et l'ouverture de l'Atlantique. Etude pétrologique et géochimique. Thèse 3ème cycle, Université Cl. Bernard, LYON, 1975.
- BERTRAND H., COFFRANT D. (1977).- Geochemistry of tholeiites from N.E. American Margin. Correlation with Morocco. Contrib. Mineral. Petrol. 63-65-74, 1977.
- BIRON P.E. (1982).- Le Permo-Trias de la région de l'Ourika (Haut Atlas de Marrakech, Maroc). Thèse 3ème cycle Universitaire Grenoble, 1982.
- BROUSSE R. (1966).- Etude minéralogique et pétrographique des roches du site d'Aït-Aadel. Faculté des Sciences Orsay.
- BUFFET G. (1981).- Variabilité des caractères spililitiques et magmatiques du volcanisme alcalin triasique du massif des Ecrins Pelvoux (Alpes françaises). Thèse d'Etat - Grenoble.
- CAILLEUX Y., GONORD H., LE GUERN M., SAUVAGE M. (1982).- Taphrogenèse et magmatisme permien dans le Maroc Central. Cahier colloque du Permo-Trias Marocain, Sept. 1982., p. 28.
- COUSMINER H.L., MANSPEIZER W. (1976).- Triassic pollen date maroccan High-Atlas and the incipient rifting of Pangea in middle Carnien. Science, vol. 191, p. 943-945.
- COGNEY G., FAUGERES J.C. (1975).- Précisions sur la mise en place des épanchements basaltiques des formations triasiques de la bordure septentrionale du Maroc central. B.S.G.F., (7), XVIII, 1975, n°5.
- EL MARTITI M. (1982).- Sur les formations argilo-tufo-conglomératiques permienues de la bordure N.W. du Maroc central. Cahier colloque du Permo-Trias marocain, septembre 1982, p.30.
- FERRANDINI J., LE MARREC A. (1982).- La couverture jurassique à paléogène du Haut Atlas de Marrakech est allochtone dans les "zone des cuvettes" d'Aït Ourir (Maroc). C.R. Acad. Sci. Paris, t. 295.
- FLORKE O.W., KOHLER-HERBERTZ B., LANGER K., TONGES I. (1982).- Water in microcrystalline quartz of volcanic origin: Agates. Contrib. Mineral. Petrol. (1982) 80, p. 324-333.
- GREEN D.H., RINGWOOD A.E. (1967).- The genesis of basaltic magmas. Contr. Mineral. Petrol., 15, p. 103-190.
- GREEN T.H., GREEN D.H., RINGWOOD A.E. (1967).- The origin of high alumina and their relationship to quartz tholeiites and alkali basalts. Earth Planet. Sci. Letters, 2, p. 41-51.
- GREEN D.H. (1971).- Composition of basaltic magmas as indicators of origin: application to oceanic volcanism. Philos. Trans. Soc. Lond. A 268, p. 707-725.
- HEIER S. (1962).- Trace elements in felds. Morsk. Geol. Tidsskr. 42, p. 413-454.
- HERVOUET Y., MOEPPFNER C. (1982).- Existence d'un magmatisme acide à intermédiaire dans Permo-Trias du Maroc oriental: l'ensemble volcanique du Boudoufoud (N. de Guercif). Cahier colloque du Permo-Trias marocain; septembre 1982, p. 31.
- JUTEAU T. (1975).- Les ophiolites des nappes d'Antalya (Taurides occidentales, Turquie). Pétrologie d'un fragment de l'ancienne croûte océanique téthysienne. Sc. Terre Nancy, Mém. n°32, 692 p.
- JUTEAU T., WHITECHURCH M., HOFFERT M., WIRRMANN D., COURTOIS C. (1978).- Preliminary results: mineralogy and geochemistry of alteration products in leg 45 basement samples. D.S.D.P., volume XLV.
- KEMPE D.R.C. (1974).- The petrology of the basalts. Leg 26 in Initial Report D.S.D.P., vol. 26: Washington U.S. Government Printing Office, p. 465-503.
- KUNO H. (1953).- Volcanoes and volcanic rocks. Iwanami. Zensyo 180.
- KUNO M. (1968).- Differentiation of basalt magmas. In "Basalts" (Hess and Poldervaart A. Ed., N.Y. Inter-Sci. Pub., 2, p. 628-688.
- LAVILLE E. (1981).- Rôle des décrochements dans les mécanismes de formation de bassins d'effondrement du Haut Atlas marocain au cours des temps triasiques et liasiques. Bull. Soc. Géol. Fr. (7), t. XXIII, n°3, p. 303-312.
- LAVILLE E., PETIT J.P. (1982).- Les décrochements dans la distension triasique du Haut-Atlas. Cahier colloque du Permo-Trias marocain; Septembre 1982, p. 33.
- LAWRENCE J.R., DREVER J.J., KASTNER M. (1978).- Low temperature alteration of basalts predominates D.S.D.P. site, 395. D.S.D.P., volume XLV.
- LE GUERN M., SAUVAGE M., SAUVAGE J.P. (1982).- Dynamique du volcanisme permien dans le Massif central marocain. Cahier colloque du Permo-Trias marocain, septembre 1982, p. 34.
- LE MARREC A. (1979).- Lithostratigraphie du Permo-Trias du Haut-Atlas de Dénat, Maroc. 7ème R.A.S.T., Lyon 1979.
- LUCAS C. (1977).- Permien et Trias des Pyrénées-Stratigraphie, éléments de paléogéographie.
- MAC DONALD G.A., KATSURA T. (1964).- Chemical composition of Hawaiian lavas. J. Petrol., 5, p. 82-133.
- MATTIS A.F. (1975).- Non marine triassic sedimentation, Central High Atlas mountains Morocco. Thèse, Rutgers Univ. New Brunswick, N.J., 75 p.
- MATTIS A.F. (1977).- Non marine triassic sedimentation, Central High-Atlas mountains. Morocco. Jour. Sed. Petrology, v. 47, p. 107-119.
- MAY P.R. (1971).- Pattern of triassic-jurassic diabase dykes around the north Atlantic in the context of pre-drift position of the continents. Geol. Soc. Amer. Bull. 82, p. 1285-1292.
- MICHARD A. (1976).- Eléments de géologie marocaine. Notes et mém. Serv. Géol. Maroc, n°252, 408 p.
- MORET L. (1931).- Recherches géologiques dans l'Atlas de Marrakech. Notes et mémoires Service Mines et cartes géologiques. Maroc, n°18, 262 p.
- MOUSSU R. (1956).- Géologie des gîtes minéraux de la région de l'Ounien Haut-Atlas. Notes et mémoires. Serv. Geol., n° 445, 1956, publié en 1959.
- PEARCE J.A., CANN J.R. (1973).- Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth and Planetary Science Letters.
- PEARCE T.H., GORMAN B.E., BIRKETT T.C. (1975).- The TiO2-K2O-P2O5 diagram: a method of discriminating between oceanic and non oceanic basalts. Earth and Planetary Sciences Letters, 24, 419-426.
- PETIT J.P., GANEVAL J. (1980).- Objets tectoniques synsédimentaires liés à la distension dans les bassins permo-triasiques du Haut-Atlas occidental (Maroc). 8ème R.A.S.T., Marseille, p. 279.
- PROUST F. (1962).- Tectonique de socle par failles inverses, en liaison avec d'anciennes failles normales dans le Haut Atlas (Maroc). C.R. sommaire Soc. Géol., Fr.1, p. 9-11.
- PROUST F. (1973).- Etude stratigraphique, pétrographique et structurale du bloc oriental du massif ancien du Haut-Atlas (Maroc). Notes Serv. Géol. Maroc, 34, 254, p. 15-54.
- ROBILLARD D. (1978).- Etude pétrographique du complexe basaltique permo-triasique du Moyen Atlas septentrional (Région de Iaza - Maroc). Soc. Geol. Nord. Ann. Fra., 1979, 98, p.135-144.
- ROCH E. (1939).- Description géologique des montagnes à l'Est de Marrakech. Notes et mémoires, Service géologique, Maroc, 80, 440 p.
- ROCCI G., JUTEAU T. (1968).- Spillite, Kératophyres et ophiolites. Influence de la traversée d'un socle sialique sur le magmatisme initial. Geol. in Mijnbouw 47.5, p.330-339.
- RICHOUX G. (1954).- Gisements de cuivre du Jebel Tafilat et gîtes du même type au S. de Dénat. Arch. Serv. Géol. et Gîtes Minéral. Rabat, 1954 (Judet).
- ROBINSON T., FLOWER F.J., SCHMINKE K., OHNWACHT W. (1977).- Low temperature alteration of oceanic basalts. D.S.D.P., volume XXXVII.
- SALVAN H. (1974).- Les séries salifères du Trias marocain, caractères généraux et possibilités d'interprétation. B.S.G.F. (7), XVI, n°6.
- SCARFE C.N. and SMITH D.G.W. (1977).- Secondary minerals on some basaltic rocks from D.S.D.P. leg. 37. Can. J. Earth. Sci., 14, p. 903-910.
- SMITH (1973).- Geochemistry of Triassic diabase from Southeastern Pennsylvania. Unpublished Ph. D. Thesis, the Pennsylvania State Univ. 262 p.
- TANE J.L. (1963).- La genèse des lamprophyres et des laves spililitiques dans le Massif du Pelvoux (Alpes du Dauphiné). C.R.A.S., t.256, n°11, p. 2451-2452.
- TANE J.L. (1967).- Contribution à l'étude du phénomène de spililitisation. Trav. Lab. Géol. Grenoble, 43, p. 187-192.
- TANE J.L., VATIN PERIGNON M. (1969).- Les coulées spililitiques du Pic Vert (Massif de l'Oisans) B.S.G.F. (7), XI, p. 102-105.
- TERMIER H. et G. (1948).- Observations nouvelles sur le Permo-Trias et la base du Lias dans le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. Bull. Soc. Géol. Fr. (5), t.18, p.395-405.
- VAN HOUTEN F.B., BROWN R.H. (1977).- Latest Paleozoic early Mesozoic paleogeography N.W. Africa. J. Geol., 85, p. 143-156, 1977.
- VARET J. (1973).- Critères pétrologiques, géochimiques et structuraux de la genèse et de la différenciation des magmas basaltiques: exemple de l'Afar. Thèse d'Etat, Orsay, 1973.
- VERDIER J. (1972).- Etude géologique des basaltes doléritiques du Trias du barrage de Marlay-Youssef au site des Aït-Aadel sur l'Oued Tessaout. Haut-Atlas Maroc. Notes Serv. Geol. Maroc, t. 31, n°237, p. 241-272.
- VIRGILI C. (1977).- Consideraciones generales sobre el Triasico y el permico de la Cordillera Iberica y bordees del Sistema Central.
- VOGUEL E., MISSOTTEN R., DESUTTER F. (1980).- Carte géologique du Maroc au 1/100.000e Feuille Oukaïmeden Toubkal. Katholieke Universiteit Leuven.
- WALKER K.R. (1969).- The Palisade sill. New-Jersey. A re-investigation. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper III, 178 p.
- WEIGAND P.W. (1970).- Major and trace element geochemistry of the Mesozoic dolerite dikes from eastern North America. Ph. D. Thesis Univ. of North Carolina Chapel Hill. N.C. (U.S.A.) 162 p.
- WESTPHAL M., MONTIGNY R., THUZAT R., BARDON C., BOSSERT A., HANZEH R., ROLLEY J.P. (1979).- Paléomagnétisme et datation du volcanisme permien, triasique et Crétacé du Maroc. J. Canadien, Sciences de la Terre, v. 16, n°11.

VOLCANISME PERMIEN D'ANNRAR

	MAPER PHIL 10	MAPER PHIL 12	MAPER PHIL 13	MAPER PHIL 14	MAPER PHIL 23	MAPER PHIL 24	MAPER PHIL 28	MAPER PHIL 33	MAPER PHIL 35	MAPER PHIL 30	
Si	53.72	43.93	37.65	44.39	45.35	46.81	59.36	51.23	43.41	53.98	Si
Al	29.11	15.86	17.82	16.14	18.18	18.92	12.57	8.773	15.84	15.88	Al
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fe3
Fe2	8.698	6.450	10.85	8.383	14.65	8.702	9.160	9.343	8.654	8.771	Fe2
Mg	3.541	5.583	3.872	5.992	3.200	4.669	5.54	9.533	2.677	5.746	Mg
Ca	4.236	18.99	18.89	16.65	10.13	12.33	9.067	16.43	20.14	8.305	Ca
Na	6.654	4.452	4.277	4.535	2.440	3.301	1.919	9.650	3.979	4.488	Na
K	5.670	2.762	3.937	1.965	4.017	3.113	9.440	2.251	3.357	5.854	K
Ti	1.957	1.190	1.636	1.250	1.531	1.627	1.234	4.971	1.302	1.615	Ti
P	4.600	2.644	4.536	2.886	3.223	3.419	1.037	0.877	1.881	3.469	P
Mn	0.427	4.995	5.994	3.848	1.611	1.650	0.933	0.873	4.341	1.734	Mn
QZ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.97	0.00	0.00	0.00	QZ
OR	3.35	0.00	0.00	0.00	17.63	17.31	5.57	13.29	0.00	34.56	OR
AB	54.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.23	4.16	0.00	13.13	AB
AN	18.30	15.14	17.79	17.89	26.79	27.61	22.89	12.95	15.45	5.90	AN
NEP	0.00	20.40	19.60	20.78	11.18	15.13	0.00	2.17	18.24	13.45	NEP
LEU	0.00	12.79	13.69	9.16	4.77	0.83	0.00	0.00	15.54	0.00	LEU
KAL	0.00	0.00	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KAL
COR	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	COR
APA	1.09	0.63	1.07	0.68	0.76	0.81	0.25	0.21	0.45	0.82	APA
CPX	0.00	32.11	0.00	32.01	18.47	26.21	17.78	55.70	38.65	28.95	CPX
OPX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.88	0.00	0.00	0.00	OPX
WOL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	WOL
OL	16.06	18.37	43.55	17.12	17.47	8.98	0.00	10.46	12.84	0.00	OL
MAG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MAG
ILM	3.72	2.26	3.11	2.38	2.91	3.10	2.35	0.95	2.48	3.07	ILM
HEM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	HEM
RUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	RUT
REG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	REG
LOI	5.62	12.78	15.4	11.92	10.98	13.48	2.34	13.2	11.81	6.59	LOI
V	187	117	111	104						250	V
Cr	164	52	92	64	112	120		22	50	137	Cr
Co		37		54					15.2	63	Co
Ni	92	14	73	25	20	118		12	26	69	Ni
Cu	5	17.7	18	18.4					11.3	213	Cu
Zn	115	43	77	92					54	80	Zn
Li		14		115	93	200		8	65		Li
Rb		64		28	45	66	30	73	50		Rb
Sr	206	608	226	480			204	0	205	170	Sr
Ba		363		162	248	338	122	674	184		Ba
Cs											Cs
Zr	176	168	137	177	88	154	112	190	145	97	Zr
Hf											Hf
Nb		7		7	7	10	13	8	7		Nb
Y		26		26	16	30	25	21	25		Y

VOLCANISME PERMIEN D'AGUERGOUR

	MAPER PHIL 235	MAPER PHIL 236	MAPER PHIL 238	MAPER PHIL 241	MAPER PHIL 247	MAPER PHIL 248	
Si	51.53	45.70	49.29	54.47	52.80	61.34	Si
Al	17.41	16.70	18.23	16.62	17.05	16.67	Al
Fe3	0	0	0	0	0	0	Fe3
Fe2	8.946	10.05	8.771	7.914	8.463	6.442	Fe2
Mg	6.641	3.080	2.235	6.586	1.086	6.546	Mg
Ca	7.988	15.00	12.86	6.445	7.029	1.631	Ca
Na	4.146	2.582	3.637	1.014	8.800	1.434	Na
K	1.253	4.507	2.414	10.47	10.10	10.08	K
Ti	1.684	1.676	1.876	1.576	1.597	1.174	Ti
P	2.526	2.718	4.849	7.125	6.953	5.507	P
Mn	1.368	4.077	1.792	1.079	2.824	0.103	Mn
QZ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.83	QZ
OR	7.40	0.00	14.25	57.67	46.75	59.50	OR
AB	33.80	0.00	12.47	0.00	0.00	12.12	AB
AN	25.29	20.66	26.29	9.87	12.74	4.85	AN
NEP	0.00	11.83	9.91	4.65	4.03	0.00	NEP
LEU	0.00	20.86	0.00	3.25	10.11	0.00	LEU
KAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KAL
COR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63	COR
APA	0.60	0.64	1.15	1.69	1.65	1.30	APA
CPX	10.62	33.75	29.47	15.65	15.64	0.00	CPX
OPX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.54	OPX
WOL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	WOL
OL	18.45	9.04	2.90	4.27	6.09	0.00	OL
MAG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MAG
ILM	3.20	3.19	3.57	3.00	3.04	2.23	ILM
HEM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	HEM
RUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	RUT
REG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	REG
LOI	3.24	10.95	4.23	5.61	6.1	2.13	LOI
V			179				V
Cr			132				Cr
Co							Co
Ni			54				Ni
Cu			10				Cu
Zn			63				Zn
Li							Li
Rb	32	120		269	397	332	Rb
Sr	326	316	558	83	856	83	Sr
Ba	380	257		570	1027	692	Ba
Cs							Cs
Zr	179	171	186	383	398	467	Zr
Hf							Hf
Nb	13	13		24	24	23	Nb
Y	25	26		32	33	32	Y

TABL 1 - Analyses des éléments majeurs (calculés en base anhydre)- Norme C.I.P.W.- Teneurs des éléments en traces pour le volcanisme permien du Haut-Atlas de Marrakech.

FORMATION INFERIEURE

	MAINF PHIL 65	MAINF PHIL 28	MAINF PHIL 03	MAINF PHIL 05	MAINF PHIL 06	MAINF PHIL 07	MAINF PHIL 45	
Si	55.73	59.36	51.00	55.81	55.41	54.72	65.51	Si
Al	14.34	12.57	15.16	14.44	14.40	14.68	16.07	Al
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	Fe3
Fe2	8.585	9.160	10.48	8.943	9.222	8.978	4.806	Fe2
Mg	6.666	5.54	9.015	5.869	8.072	7.205	2.841	Mg
Ca	8.936	9.067	9.025	8.819	8.390	8.736	3.774	Ca
Na	2.394	1.919	2.050	2.568	2.279	2.559	4.359	Na
K	1.341	9.440	7.690	1.330	1.844	1.185	2.201	K
Ti	1.651	1.234	1.442	1.825	1.575	1.573	7.868	Ti
P	2.167	1.037	1.602	2.372	2.176	2.412	3.508	P
Mn	1.341	4.933	6.747	1.444	0.787	1.080	0.850	Mn
QZ	0.14	14.37	0.00	6.48	4.26	3.68	17.98	QZ
OR	7.92	5.57	4.54	7.85	10.89	7.00	12.99	OR
AB	20.24	16.23	17.34	21.72	19.27	21.64	36.86	AB
AN	24.41	22.89	29.89	23.93	23.60	25.06	16.65	AN
NEP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NEP
LEU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LEU
KAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KAL
COR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	COR
APA	0.51	0.35	0.38	0.56	0.51	0.57	0.83	APA
CPX	15.28	17.78	11.40	15.18	7.59	13.80	0.00	CPX
OPX	22.32	19.88	33.14	20.75	30.80	25.19	12.75	OPX
WOL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	WOL
OL	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	OL
MAG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MAG
ILM	3.14	2.35	2.74	3.47	3.00	2.99	1.50	ILM
HEM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	HEM
RUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	RUT
REG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	REG
LOI	2.100	2.34	5.38	2.09	2.5	3.7	5.11	LOI
V	277		272	278	251	236		V
Cr	256			200	229	267	22	Cr
Co								Co
Ni	80		22	65	71	86		Ni
Cu	66			48	146	45		C

LOI = H2O

	FORM. INTER. transformée				FORMATION SUPERIEURE								CENTRES D'EMISSION								Form on - te Recur -	
	MAINT PHIL	MAINT PHIL	MAINT PHIL	MAINT PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MASUP PHIL	MAREC PHIL			
Si	52.83	54.54	53.55	53.05	54.06	54.13	52.67	51.40	55.58	54.73	54.58	51.48	53.15	53.21	53.18	51.59	53.40	52.87	53.49	65.11	Si	
Al	15.58	14.83	15.39	14.53	14.49	13.97	14.27	14.88	14.33	14.01	14.42	15.44	15.23	15.06	14.86	15.52	14.60	14.54	15.07	15.79	Al	
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fe3	
Fe2	10.18	9.278	9.803	10.03	9.076	9.873	8.831	8.899	8.547	9.528	9.482	9.892	10.20	10.09	10.19	9.766	10.42	10.36	10.19	6.594	Fe2	
Mg	7.879	7.921	6.95	7.370	8.572	8.289	6.348	8.320	5.764	7.982	7.365	7.693	6.815	7.118	7.173	8.024	6.837	7.576	6.635	3.709	Mg	
Ca	8.870	8.489	10.33	10.07	10.10	9.231	12.32	12.81	9.255	8.563	9.963	11.96	10.39	10.49	10.53	11.62	10.55	10.6	10.45	6.318	Ca	
Na	2.264	2.356	2.042	2.016	2.096	2.696	2.033	2.098	2.564	2.512	2.322	1.851	2.100	2.136	2.100	1.885	2.152	1.945	2.139	1.080	Na	
K	0.8140	1.019	3.695	1.289	2.775	2.680	2.536	2.656	1.990	0.8231	3.876	3.470	5.147	3.891	4.201	2.664	4.305	6.042	4.629	9.080	K	
Ti	1.273	1.209	1.252	1.259	1.018	1.221	0.9765	0.9995	1.688	1.515	1.145	1.053	1.276	1.259	1.24	1.055	1.271	1.198	1.255	2.007	Ti	
P	1.1356	1.1788	1.1334	1.1330	1.1439	1.1655	1.1437	1.1447	1.459	1.1972	1.739	0.920	1.138	1.229	1.332	0.922	1.332	1.229	1.234	2.038	P	
Mn	1.565	1.662	1.539	2.354	1.511	1.500	1.458	1.653	1.250	1.307	1.544	1.636	1.647	1.638	1.537	1.639	1.742	1.638	1.646	0.917	Mn	
QZ	1.32	3.46	4.75	1.35	4.10	2.51	1.36	0.00	4.06	3.91	4.96	0.51	3.51	3.47	3.37	0.66	3.75	2.55	4.11	24.23	QZ	
OR	4.80	6.02	2.16	7.61	1.64	1.58	1.58	1.57	11.75	4.86	2.25	2.05	3.04	2.30	2.48	1.57	2.54	3.57	2.73	53.60	OR	
AB	19.15	19.92	17.27	17.05	17.73	22.75	17.19	17.74	21.68	21.24	19.63	15.65	17.76	19.01	17.76	15.94	18.20	16.45	18.09	9.1	AB	
AN	29.92	26.86	31.73	26.78	29.29	25.24	29.05	30.39	21.70	24.51	27.77	32.79	30.60	30.21	29.85	33.09	28.90	29.14	30.13	1.94	AN	
NEP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NEP	
LEU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LEU	
KAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KAL	
COF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	COF	
APA	0.32	0.42	0.32	0.31	0.34	0.39	0.34	0.34	0.35	0.47	0.41	0.22	0.32	0.29	0.32	0.22	0.29	0.29	0.29	0.48	APA	
CPX	10.90	11.62	15.45	18.44	16.31	16.04	25.50	26.41	19.23	13.75	16.95	21.40	16.66	17.42	17.92	19.69	18.74	18.70	17.35	0.00	CPX	
OPX	31.00	29.31	25.83	25.97	28.55	29.08	23.11	18.40	17.95	20.30	25.74	25.27	25.60	25.82	25.96	26.72	25.05	26.93	24.83	9.89	OPX	
WOL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	WOL	
OL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	OL	
MAG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MAG	
ILM	2.42	2.30	2.38	2.40	1.94	2.32	1.86	1.90	3.21	2.88	2.18	2.00	2.43	2.40	2.36	2.01	2.42	2.28	2.39	3.82	ILM	
HEM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	HEM	
RUT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	RUT	
REG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	REG	
LOI	3.46	3.96	2.34	1.42	1.73	2.32	1.67	2.2	2.05	2.94	1.21	1.54	1.98	1.8	1.74	2	1.35	1.28	1.67	1.16	LOI	
V		263			265	268	254	260		257	256			260		236	236	230	300	180	331	V
Cr	128	173	96	190	180	246	165	170		228	199			199		236	236	230	300	180	111	Cr
Co														65								Co
Ni	40	71	26	32	83	83	80	81		80	00			65	91	87	132	150	112	11	Ni	
Cu		225			119	132	110	113		14.6	120			120							19	Cu
Zn		151			76	63	76	83		68	82			82							601	Zn
Li	10		4	9																		Li
Rb	21		35	32					53			14	9	13	8	8	12	6				Rb
Sr	207	216	192	208	163	157	160	161	242	218	186	173	173	186	175	179	170	179	170	11	Sr	
Ba			11	325					262			117	75	143	154	160	135	48				Ba
Cs																						Cs
Zr	106	98	105	100	77	94	74	76	165	137	110	99	78	110	103	107	101	109	81	123	Zr	
Hf																						Hf
Nb	8		9	9					1			9	7		10	12	10	11	7		Nb	
Y	26		25	25					32			29	22		26	29	28	29	20		Y	

TABL 3 - Analyses des éléments majeurs (calculés en base anhydre)- Norme C.I.P.W.- Teneurs des éléments en traces pour les laves du volcanisme fini-triasique du Haut-Atlas de Marrakech.

LOI = H2O

	Formation Recurrente		Laves du secteur d'Imlil		
	MAREC PHIL	MAREC PHIL	MASPI PHIL	MASPI PHIL	
Si	55.71	50.93	49.34	53.60	Si
Al	16.35	13.45	14.57	13.76	Al
Fe3	0	0	0	0	Fe3
Fe2	9.512	14.63	17.17	10.78	Fe2
Mg	3.170	6.095	5.222	9.172	Mg
Ca	1.395	10.34	3.838	7.869	Ca
Na	2.431	2.152	3.272	1.901	Na
K	11.5	3.208	4.090	1.176	K
Ti	1.902	1.635	1.992	1.407	Ti
P	2.008	1.345	2.202	1.601	P
Mn	0.8105	0.2897	0.2642	0.1576	Mn
QZ	0.00	30	0.00	2.54	QZ
OR	67.88	1.89	24.14	6.95	OR
AB	2.06	18.20	21.27	16.08	AB
AN	5.74	26.08	13.00	25.52	AN
NEP	0.00	0.00	3.46	0.00	NEP
LEU	0.00	0.00	0.00	0.00	LEU
KAL	0.00	0.00	0.00	0.00	KAL
COF	1.40	0.00	0.00	0.00	COF
APA	0.48	0.32	0.52	0.40	APA
CPX	0.00	20.54	4.02	10.25	CPX
OPX	8.61	29.50	0.00	35.49	OPX
WOL	0.00	0.00	0.00	0.00	WOL
OL	10.16	0.00	29.76	0.00	OL
MAG	0.00	0.00	0.00	0.00	MAG
ILM	3.62	3.11	3.79	2.68	ILM
HEM	0.00	0.00	0.00	0.00	HEM
RUT	0.00	0.00	0.00	0.00	RUT
REG	0.00	0.00	0.00	0.00	REG
LOI	3.89	1.83	2.83	3.58	LOI
Sc			420	255	Sc
V			79	263	V
Cr	120	80			Cr
Co					Co
Ni	6	10	70	87	Ni
Cu			97	136	Cu
Zn			89	48	Zn
Li	42	7			Li
Rb	45	6			Rb
Sr	34	110	123	258	Sr
Ba	326	109			Ba
Cs					

Formule structurale

Table with 10 columns of numerical data for various elements (FM, AB, DR, AN, NA, MG, AL, SI, K, CA, TI, FE, MN, CR).

Formule structurale

Table with 10 columns of numerical data for various elements (FM, AB, DR, AN, NA, MG, AL, SI, K, CA, TI, FE, MN, CR).

TABL. 6 - Analyses des plagioclases de la série volcanique fini-triasique du Haut-Atlas de Marrakech. (microsonde CAMEBAX Montpellier)

Formule structurale

Table with 10 columns of numerical data for various elements (FM, AB, DR, AN, NA, MG, AL, SI, K, CA, TI, FE, MN, CR).

Formule structurale

Table with 10 columns of numerical data for various elements (FM, AB, DR, AN, NA, MG, AL, SI, K, CA, TI, FE, MN, CR).

TABL. 7 - Analyses des plagioclases de la série volcanique fini-triasique du Haut-Atlas de Marrakech. (microsonde CAMEBAX Montpellier)

Formule structurale

Large table with 10 columns of numerical data for various elements (NA, MG, AL, SI, K, CA, TI, FE, MN, CR).

Formule structurale

Table with 10 columns of numerical data for various elements (NA, MG, AL, SI, K, CA, TI, FE, MN, CR).

TABL. 7 - Analyses des plagioclases de la série volcanique fini-triasique du Haut-Atlas de Marrakech. (microsonde CAMEBAX Montpellier)

Large table with 10 columns of numerical data for various elements (FM, AB, DR, AN, NA, MG, AL, SI, K, CA, TI, FE, MN, CR).

Formule structurale

Table with 10 columns of numerical data for various elements (FM, AB, DR, AN, NA, MG, AL, SI, K, CA, TI, FE, MN, CR).

LISTE DES FIGURES

Pages

CHAPITRE I

FIG 1 - Localisation du secteur étudié..... 8

FIG 2 - Localisation du volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech..... 10

FIG 3 - Carte géologique simplifiée et coupe de la cuvette des Ait Ourir..... 10

CHAPITRE II

FIG 4 - Localisation du volcanisme permien dans le Haut-Atlas de Marrakech..... 14

FIG 5 - Localisation du volcanisme permien dans la Vallée de l'Ourika..... 16

FIG 6 - Reconstitution tectonique du bassin permien..... 16

FIG 7 - Log de la coupe d'Annarr I..... 18

FIG 8 - Les retombées volcaniques dans le secteur d'Annarr..... 18

FIG 9 - Log de la coupe d'Annarr II..... 20

FIG 10 - Log de la coupe d'Annarr III..... 20

FIG 11 - A: Faciès intermédiaire, B: Faciès supérieur..... 22

FIG 12 - Plagioclase renfermant des plages d'orthose..... 22

FIG 13 - La série permienne et triasique dans le secteur d'Aguer gour..... 25

FIG 14 - Log de la coupe d'Aguer gour..... 25

FIG 15 - Les vacuoles de carbonates dans les laves du volcanisme permien..... 31

FIG 16 - 1: Faciès de base, 2: Olivines, 3: vacuole de calcite du volcanisme d'Aguer gour..... 28

FIG 17 - Variation des éléments majeurs au cours de la différenciation..... 34

FIG 18 - Mise en évidence de deux lignées..... 34

FIG 19 - Diagramme CaO / H₂O..... 36

FIG 20 - Variations des éléments en traces au cours de la différenciation..... 36

FIG 21 - Mise en évidence de deux lignées..... 36

FIG 22 - Diagramme TiO₂ / Zr..... 37

FIG 23 - .. P₂O₅ / Zr..... 37

FIG 24 - .. Nb/Y / Zr/P..... 40

FIG 25 - .. TiO₂ / K₂O / P₂O₅..... 40

FIG 26 - .. Ti/100 / Zr / Yx₃..... 40

FIG 27 - .. Ti / Zr / P..... 42

FIG 28 - Variations des teneurs en K₂O, Na₂O et Rb au sein des coulées du volcanisme d'Annarr et d'Aguer gour..... 42

FIG 29 - Processus de spilitisation par vaporisation de l'eau d'un lac salé au moment de l'épanchement..... 47

FIG 30 - Processus de spilitisation par transvaporisation..... 47

FIG 31 - Essai de corrélation des différentes coupes du volcanisme permien..... 52

FIG 32 - Tableau comparatif entre le volcanisme permien d'Annarr et celui d'Aguer gour..... 54

CHAPITRE III

FIG 33 - Localisation des basaltes fini-triasiques dans le Haut-Atlas..... 56

FIG 34 - Essai d'interprétation de l'individualisation de la phase fluide siliceuse au sein de chaque épanchement..... 58

FIG 35 - Les critères de polarité dans les coulées..... 62

FIG 36 - La série volcanique fini-triasique dans le Haut-Atlas; Régio des Ait Ourir..... 65

FIG 37 - Log de la coupe d'Aguer gour..... 66

FIG 38 - Log de la coupe du Col du Tizi Ouzla..... 68

FIG 39 - Log de la coupe de Marigha..... 70

FIG 40 - Log de la coupe de Taourirt..... 73

FIG 41 - Log de la coupe d'Ait Ourir..... 75

FIG 42 - Pillow-lavas dont la matrice interpillow est lavique..... 78

FIG 43 - Pillow-lavas dont la matrice interpillow est sédimentaire..... 78

FIG 44 - Coulée de la Formation Inférieure d'Ait Ourir..... 79

FIG 45 - Sommet de la série volcanique dans le secteur d'Ait Tadla..... 79

FIG 46 - Log de la coupe d'Ait Tadla..... 81

FIG 47 - Log de la coupe de Sidi Rahhal..... 84

FIG 48 - La Formation Supérieure de la coupe de Sidi Rahhal..... 84

FIG 49 - Log de la coupe de Tazzert..... 86

FIG 50 - Log de la coupe d'Ait Aadel..... 87

FIG 51 - Localisation des centres d'émission du volcanisme fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech..... 90

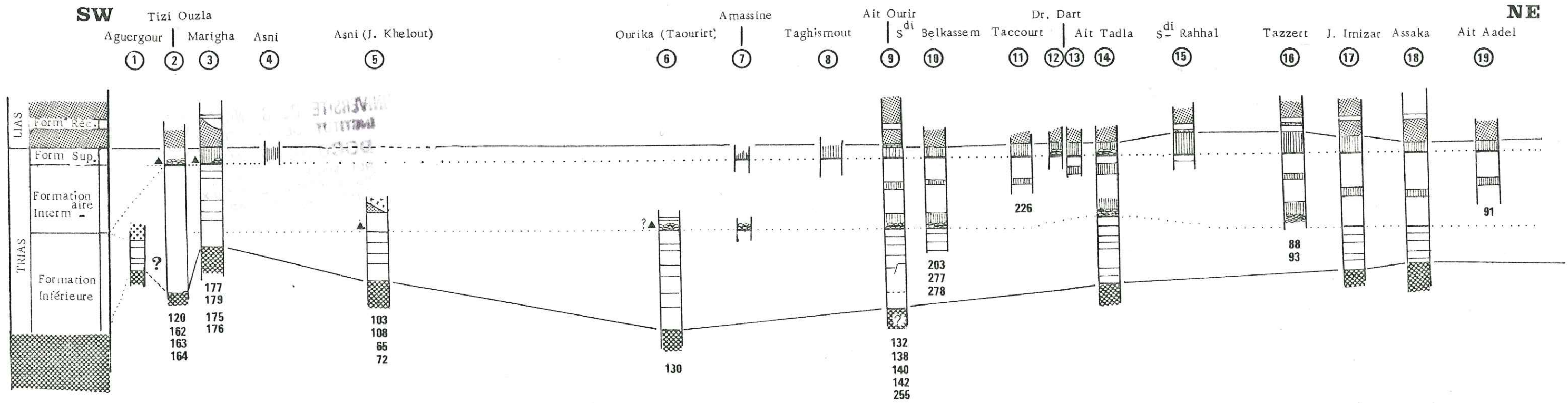
FIG 52 - Les centres d'émission du Col du Tizi Ouzla..... 91

FIG 53 - Le centre d'émission Tizi Ouzla I..... 92

	2	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16*	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	NA	MG	AL	SI	K	CA	TI	FE	MN	CR								
NA	0.0022	0.0008	0.0014	0.0019	0.0020	0.0021	0.0017	0.0017	0.0017	0.0023	0.0016	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011								
MG	0.1494	0.2512	0.1691	0.1773	0.1604	0.1760	0.1801	0.1754	0.1437	0.1627	0.1879	0.1657	0.1654	0.1670	0.1529	0.1758	0.1837	0.1800	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899	0.1899						
AL	0.0412	0.0096	0.0284	0.0236	0.0267	0.0224	0.0190	0.0217	0.0286	0.0224	0.0248	0.0250	0.0236	0.0262	0.0291	0.0231	0.0198	0.0186	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200					
SI	0.5123	0.5552	0.5245	0.5318	0.5261	0.5322	0.5354	0.5389	0.5123	0.5278	0.5362	0.5286	0.5281	0.5262	0.5298	0.5394	0.5300	0.5368	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428				
K	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000				
CA	0.1948	0.0500	0.1754	0.1677	0.1903	0.1821	0.1743	0.1845	0.1469	0.0826	0.1411	0.1821	0.1881	0.1527	0.1785	0.1771	0.1550	0.1697	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585	0.1585		
TI	0.0077	0.0014	0.0043	0.0036	0.0041	0.0032	0.0026	0.0030	0.0093	0.0062	0.0054	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024			
FE	0.0788	0.1273	0.0833	0.0832	0.0790	0.0679	0.0708	0.0712	0.1448	0.1956	0.0025	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011		
MN	0.0010	0.0024	0.0020	0.0020	0.0023	0.0013	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023	
CR	0.0018	0.0007	0.0031	0.0015	0.0031	0.0008	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048		
	0.9894	0.9988	0.9917	0.9926	0.9945	0.9940	0.9911	1.0050	0.9915	1.0059	1.0029	0.9939	0.9845	0.9939	1.0001	1.0016	0.9939	0.9914	1.0066																														
NA	0.0161	0.0054	0.0112	0.0133	0.0145	0.0149	0.0123	0.0123	0.0149	0.0118	0.0076	0.0133	0.0126	0.0058	0.0142	0.0081	0.0099	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095	0.0115	0.0095		
MG	0.8291	1.3470	0.9319	0.9732	0.8850	0.9632	0.9868	0.9504	0.8096	0.9050	1.0207	0.9115	0.9146	0.9235	0.8368	0.9544	1.0102	0.9857	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	1.0198	
AL	0.1809	0.0409	0.1238	0.1025	0.1163	0.0970	0.0825	0.0931	0.1275	0.0985	0.1066	0.1086	0.1031	0.1144	0.1258	0.0993	0.0862	0.0804	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	0.0855	
SI	1.9071	1.9973	1.9398	1.9277	1.9452	1.9538	1.9682	1.9592	1.9365	1.9700	1.9543	1.9513	1.9592	1.9521	1.9460	1.9450	1.9525	1.9725	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658	1.9658
K	0.0000	0.0012	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CA	0.7771	0.1928	0.6950	0.6415	0.7237	0.7162	0.6863	0.7185	0.5949	0.3424	0.5509	0.7202	0.7474	0.6049	0.7024	0.6911	0.6124	0.6680	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	0.6149	
TI	0.0214	0.0038	0.0121	0.0101	0.0113	0.0090	0.0072	0.0082	0.0265	0.0175	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147	0.0147		
FE	0.2453	0.3831																																															

PLANCHE N° 3

**ESSAI DE CORRELATION DU VOLCANISME FINI-TRIASIQUE
DANS LE HAUT ATLAS DE MARRAKECH**



- ▲ Centre d'émission
- Coulée prismée
- Pillows lava (matrice interpillows lavique)
- Pillows lava (matrice interpillows sédimentaire)
- Sédiments infra-triasiques
- Sédiments triasiques
- Tuff
- Calcaire
- Niveau sédimentaire lacustre
- Niveau sédimentaire (argile rouge silicifiée)

		X	Y	Z	
AGUERGOUR	N° 1	245	83	700	m
TIZI OUZLA	N° 2	244.8	75.85	1100	
MARIGHA	N° 3	249.5	70	1200	
ASNI	N° 4	252	75	1200	
ASNI J. Khélout	N° 5	257.5	79.5	1100	
OURIKA Taourirt	N° 6	275.5	88.6	1030	
AMASSINE	N° 7	280.6	93.5	1097	
TASGHIMOUT	N° 8	284.75	95	1080	
AIT OURIR	N° 9	284	108	817	
Sdi. BELKASSEM	N° 10	285.2	108	800	
TACCOURT	N° 11	297.25	102	1058	
Dr. DART	N° 12-13	293	111	789	
AIT TADLA	N° 14	297.5	112.5	806	
Sdi. RAHHAL	N° 15	301.5	117.4	784	
TAZZERT	N° 16	309.4	119.2	850	
J. IMIZAR	N° 17	307.25	113.5	949	
ASSAKA	N° 18	317	115.6	1108	
AIT AADEL	N° 19	323.25	120	850	

Thèse DE PACHTERE 06/83

189 N° d'échantillons

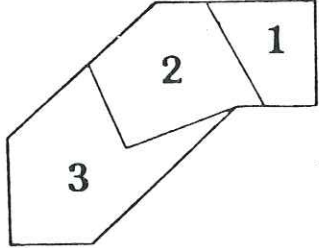
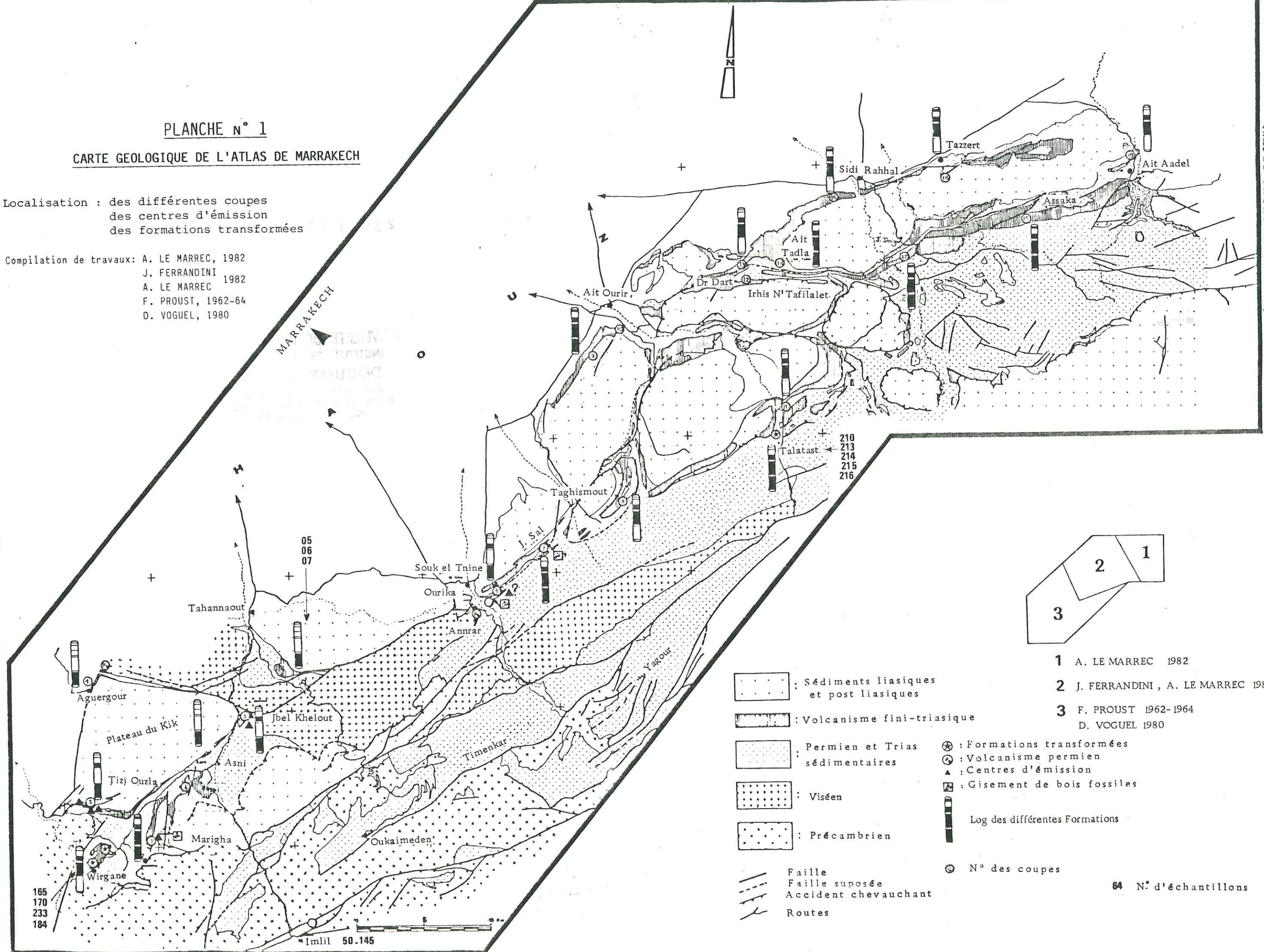
PLANCHE N° 1

CARTE GEOLOGIQUE DE L'ATLAS DE MARRAKECH

Localisation : des différentes coupes
des centres d'émission
des formations transformées

Compilation de travaux: A. LE MARREC, 1982
J. FERRANDINI 1982
A. LE MARREC
F. PROUST, 1962-64
D. VOGUEL, 1980

Thèse DE PACHTERE Ph. 06/83



- 1 A. LE MARREC 1982
- 2 J. FERRANDINI, A. LE MARREC 1982
- 3 F. PROUST 1962-1964
D. VOGUEL 1980

- [Stippled pattern] : Sédiments liasiques et post liasiques
- [Horizontal lines] : Volcanisme fini-triasique
- [Dotted pattern] : Permien et Trias sédimentaires
- [Cross-hatched pattern] : Viséen
- [Vertical lines] : Précambrien
- [Dashed line] : Faille
- [Dotted-dashed line] : Faille supposée
- [Wavy line] : Accident chevauchant
- [Solid line] : Routes

- ⊕ : Formations transformées
- ⊙ : Volcanisme permien
- ▲ : Centres d'émission
- ⊠ : Gisement de bois fossiles
- [Vertical bar with internal patterns] : Log des différentes Formations
- ⊙ : N° des coupes

64 N° d'échantillons

23 JUIN 1983

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.43

RESUME

L'étude de nombreuses coupes, complétée par une étude des caractères pétrologiques, minéralogiques et géochimiques a permis :

- de mettre en évidence un volcanisme permien d'affinité tholéiitique ;
- de préciser les caractères géodynamiques du volcanisme fini-triasique ;
- d'envisager leur évolution dans le cadre général de l'ouverture de l'Atlantique.

Le Volcanisme permien

Situé à la base de la série permienne continentale, ce volcanisme affleure de manière très locale à Annrar (Vallée de l'Ourika) et à Aguer gour (Amizmiz). Il correspond à un empilement de 2 à 5 coulées peu épaisses (5 à 10 m chacune). Ce volcanisme d'affinité tholéiitique (continental), est marqué localement par un caractère hyperpotassique que masque parfois une spilitisation (paragenèse albite - chlorite - carbonates).

Si la spilitisation, n'affectant que le sommet de certaines coulées, semble correspondre à une transformation hydrothermale au moment de l'épanchement, le caractère hyperpotassique affectant l'ensemble de certaines coulées, pourrait avoir une origine précoce par contamination du socle sous-jacent (Pré-cambrien et Paléozoïque).

Le Volcanisme Fini-Triasique

Situé au sommet de la série gréseuse triasique, ce volcanisme affleure de manière continue sur tout le secteur considéré et s'intègre au sein d'un vaste trapp signant un épisode important, l'ouverture de l'Atlantique.

Des observations de terrain complétées par une étude minéralogique (composition des pyroxènes) et géochimique (traces) ont montré que ce volcanisme est caractérisé par quatre formations (100 à 200 m) (Formations Inférieure, Intermédiaire, Supérieure et Récurrente). Celles-ci renferment chacune plusieurs coulées (parfois prismées) et sont séparées par des horizons sédimentaires.

Une phase hydrothermale (silicieuse) est contemporaine de la mise en place de chaque épanchement où une zonalité de faciès (depuis des microdolérites porphyriques jusqu'à des dolérites intersertales microgrenues), a pu être mise en évidence.

Des centres d'émission (Col du Tizi Ouzla), s'alignent selon une direction N 110° et témoignent ainsi du rejeu d'anciens accidents tardi-hercyniens lors de la tectonique distensive triasique. A proximité des centres éruptifs, des formations transformées, correspondent à des lessivages à caractère deutérique de certains sommets de coulées (préhnite-calcite-silice) et ainsi qu'au piégeage du fluide hydrothermal au sein d'épanchements se succédant très rapidement dans le temps.

La nature tholéiitique de ce volcanisme montre une évolution depuis des tholéiites continentales (Formation Inférieure), jusqu'à des tholéiites à caractère légèrement plus océanique (Formations Supérieure et Récurrente). Il proviendrait d'un processus normal de fusion partielle du manteau supérieur montrant une évolution en relation avec l'ouverture océanique.

Le volcanisme permien et fini-triasique du Haut-Atlas occidental, présente un modèle géodynamique cohérent avec ceux évoqués actuellement dans le cas d'une zone de rift.

- Le volcanisme permien serait le témoin d'un stade de pré-rifting ;
- Le volcanisme fini-triasique serait contemporain du rifting.

MOTS-CLES

Volcanisme ; dolérite ; coulée ; centre d'émission ; spilitisation ; fluide hydrothermal ; calcite ; silice ; préhnite ; tholéiite ; rifting ; Permien ; Trias ; Haut-Atlas ; Maroc.