



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و بحث العلمي

Ministère de L Enseignement Supérieur et de La Recherche scientifique

Université d`Oran 2

Faculté des sciences de la terre et de l`Univers Département

Des Sciences de le Terre

MEMOIRE

Présente Pour l`obtention du diplôme de Master en géologie

Option : Géodynamique de la lithosphère

Etude volcanologique et l`aspect économique du volcanisme mio- plio quaternaire
l`Oranie Nord occidentale

Présenter par :

Chergui Afaf Ghofran & Ayadi Abir

Soutenu publiquement le 29 /06/2025 devant le membre du jury

Mr .Mahmoudi	Asistant	Université d`Oran 2	président
Mr. Bendoukha	Maitre de conférences rang A	Université d`Oran 2	Encadreur
Mme .Allami	Assistante	Université d`Oran 2	Examinatrice

Année Universitaire 2024/2025



Remerciement

قال الله تعالى "الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات " صدق الله العظيم

الحمد لله الذي ماضيع لي تعب, ولا خير لي سعي, ولا نقص لي مجهود, ولا تبطئ لي بحلم, كان الله معي ولا زال في كل سعيد وراء النجاح فالحمد لله حتى يرضى و الحمد لله إذا رضا و الحمد لله بعد الرضا . مسلكنا البدايات إلا بتيسيره وما بلغنا النهايات إلا بتوفيقه وما حققنا الغابات إلا بفضلته إلى نفسي.

Nous tenons à remercier tout d'abord **Dieu**,

Si puissant, si grand, si judicieux, si généreux, qui nous a facilité le chemin et nous a aidé et donné la volonté et la santé pour terminer ce travail

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadreur Mr. **BENDOUKHA Rachid**, pour son orientation. Nous avons eu le grand plaisir de travailler sous votre direction.

Nous exprimons nos profonds remerciements également aux membres de jury chapotés par **Mme. ALLAMI**, qui nous fait le plaisir d'examiner ce travail.

Grand Merci à **Mr. MAHMOUDI. M** qui nous a fait faire l'honneur de présider le jury et juger ce travail.

Nous remercions nos parents sans qui, nous n'aurions jamais pu réaliser tout ce parcours. Sans oublier nos frères et sœurs pour leurs encouragements et leurs soutiens

Nous exprimons nos sincères remerciements aux professeurs de département pour le sous travail

Enfin nous remercions tous ceux et celles qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Je dédie mon mémoire ;

A mon cher père «AYADI .H»

Ta présence est un pilier pour moi, tu as toujours été là pour m'épauler depuis ma naissance ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consenti pour mon éducation et ma formation rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuits pour mon bien être pour Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde Santé, bonheur et te protège de tout mal.

A ma chère mère la lumière de ma vie «YOUBI.A»

Ma meilleure amie. Ma première enseignante, Ma joie, qui a toujours cru en moi, et qui m'a toujours soutenu quel que soit les circonstances. Ce travail est le fruit de tous tes sacrifices et tous tes efforts que tu as fait pour moi, même si ce n'est rien a comparé a tous ce que tu m'as offert depuis ma naissance et tu continues encore à m'offrir Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde Santé, bonheur et te protège de tout mal.

A mes très chères sœurs «RANIA ET ROMAISSA»

Qui m'a toujours encouragé et souhaité ma réussite.

A mon frère MOHAMMED FODIL

Compagnons de route et sources constantes d'encouragement.

MLLE AYADI ABIR

Je dédie mon mémoire ;

A mon cher père «CHERGUI .K»

Ta présence est un pilier pour moi, tu as toujours été là pour m'épauler depuis ma naissance ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consenti pour mon éducation et ma formation rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuits pour mon bien être pour Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde Santé, bonheur et te protège de tout mal.

A ma chère mère la joie de ma vie « KHENNOUCI.Y »

Pilier de force et source inépuisable d'amour et de soutien, je vous suis infiniment reconnaissante.

A mes très chers sœurs CHERGUI.KèçKHENNOUCI.F & Aè

Dont le courage et la bienveillance ont été un exemple constant. Ta présence a été une source de réconfort et de motivation tout au long de ce parcours.

A mon cher oncle «KHENNOUCI.M» & A mon beau-frère «TAIBI.W»

Ils ont été toujours un soutien solide et des membres bienveillants de notre famille. Tes générosités et ton soutien inébranlables ont été un cadeau précieux.

MLLE CHERGUI AFAF GHOFAN



Résumé ;

L'Oranie nord-occidentale, a été le siège d'une importante activité volcanique néogène à quaternaire. Le massif volcanique de la Moyenne Tafna compte deux rives. La rive droite est occupée par les formations volcaniques d'Ain Romana et Hadjra el Kahla. La rive gauche comprend le flanc sud du Djebel Fillaoucène compte cinq appareils volcaniques qui ont émis des coulées basaltiques qui se sont épanchées sur une grande superficie en direction vers le sud-est et sud-ouest. Les gisements volcaniques ont débuté vers 5,16 Ma. ans la Moyenne et la Basse Tafna et se sont poursuivis au plio quaternaire dans Souhalia et Ain Temouchent. L'étude pétrographique des différentes laves basaltiques de l'Oranie a fait ressortir des coulées basaltiques et des dacites à Ain Romana et Hadjra Kahla et des laves basaltiques à cristaux d'olivine, de pyroxène +/- amphibole dans la Basse Tafna et Souhalia et Ain Temouchent. L'étude dynamique de la Moyenne Tafna a permis de mettre en évidence deux types de dynamisme qui se sont manifestés durant le Mio-Plio-quaternaire. Un dynamisme effusif dans les deux rives vers 8.7 Ma. Un dynamisme strombolien (4.10 – 1,45 Ma) dans le flanc sud du Djebel Fillaoucène ainsi que dans le massif de Hadjra El-Kahla et Ain Romana. Le massif de Souhalia a connu un seul type de dynamisme strombolien. La Basse Tafna et Ain Temouchent ont connu 3 types de dynamisme au plio quaternaire : strombolien, phreatomagmatique puis strombolien. Le comportement des éléments majeurs et traces dans les laves basaltiques de l'Oranie en fonction du rapport $MgO/(MgO+FeO)$ révèle une série sodique différenciée. La différenciation de cette série pourrait être en grande partie guidée par un processus de cristallisation fractionnée. Les concentrations en terres rares ainsi que la forme des spectres révèlent en revanche un caractère transitionnel pour les basaltes miocènes provenant de la rive droite de la Moyenne Tafna et du flanc sud du Djebel Fillaoucène. Le parallélisme des spectres des terres rares obtenu dans les coulées plio-quaternaire montre un cogénitisme entre l'ensemble des laves alcalines de flanc sud du Djebel Fillaoucène. La mise en surface des basaltes de l'Oranie trouve sa place dans un modèle de source enrichie issue d'un diapir asthénosphérique intra continental.

Mots-clés : Moyenne Tafna, Mio-Plio quaternaire, cristallisation fractionnée, strombolien, effusif, cogénitisme, source enrichie, transitionnel, alcalin, phreatomagmatique, dacite, coulée basaltique. Diapir, astheno, sphérique intra continental

Abstract

Northwestern Oranie has been the site of significant Neogene to Quaternary volcanic activity. The volcanic massif of the Middle Tafna has two banks. The right bank is occupied by the volcanic formations of Ain Romana and Hadjra el Kahla. The left bank includes the southern flank of Djebel Fillaoucène. There are five volcanic devices that emitted basaltic flows that spread over a large area in a southeast and southwest direction. Volcanic deposits began around 5.16 Ma in the Middle and Lower Tafna and continued in the Quaternary period in Souhalia and Ain Temouchent. The petrographic study of the different basaltic lavas of Oranie has highlighted basaltic flows and dacites in Ain Romana and Hadjra Kahla and basaltic lavas with olivine, pyroxene +/- amphibole crystals in the Lower Tafna and Souhalia and Ain Temouchent. The dynamic study of the Middle Tafna has highlighted two types of dynamism which appeared during the Mio-Plio-Quaternary. An effusive dynamism in the two banks around 8.7 Ma A Strombolian dynamism (4.10 – 1.45 Ma) in the southern flank of Djebel Fillaoucène as well as in the massif of Hadjra El-Kahla and Ain Romana. The Wisha massif experienced a single type of Strombolian dynamism. The Lower Tafna and Ain Temouchent experienced 3 types of dynamism in the Plio-Quaternary: Strombolian, phreatomagmatic, then Strombolian. The behavior of major and trace elements in the basaltic lavas of Oranie according to the $MgO/MgO+FeO$ ratio reveals a differentiated sodic series. The differentiation of this series could be largely guided by a fractional crystallization process. The rare earth concentrations as well as the shape of the spectra, on the other hand, reveal a transitional character for the Miocene basalts from the right bank of the Middle Tafna and the southern flank of Djebel Fillaoucène. The parallelism of the rare earth spectra obtained in the Plio-Quaternary flows shows cogenitism between all the alkaline lavas of the southern flank of Djebel Fillaoucène. The surfacing of the Oranie basalts fits into a model of an enriched source from an intracontinental asthenospheric diapir.

Keywords: Middle Tafna, Quaternary Mio-Plio, fractional crystallization, Strombolian, effusive, cogenitism, enriched source, transitional, alkaline, phreatomagmatic, dacite, basaltic flow. Intracontinental asthenospheric diapir

ملخص؛

شهدت منطقة شمال غرب وهران نشاطاً بركانياً هاماً من العصر النيوجيني إلى العصر الرباعي. تتألف كتلة تافنا البركانية الوسطى من ضفتين. الضفة اليمنى تشغلها التكوينات البركانية عين رمانة وحجر الكحلة. أما الضفة اليسرى فتضم الجناح الجنوبي لجبل فيلاوسين، الذي يضم خمسة هياكل بركانية انبعثت منها تدفقات بازلتية امتدت على مساحة واسعة في اتجاهين جنوبي شرقي وجنوبي غربي. بدأت الرواسب البركانية منذ حوالي 5.16 مليون سنة في تافنا الوسطى والسفلى، واستمرت حتى العصر الرباعي في سهالية وعين تموشنت. أظهرت الدراسة الصخرية لمختلف حمم البازلت في أوراني وجود تدفقات بازلتية وداسيتات في عين رمانة وحجر الكحلة، وحمم بازلتية مع بلورات الزبرجد الزيتوني والبيروكسين + أمفيبول في التفتة السفلى والسوالية وعين تموشنت. كما أبرزت الدراسة الديناميكية لتفتة الوسطى نوعين من الديناميكية ظهرا خلال العصر المليون-بليون-الرباعي: ديناميكية انبثاقية في الضفتين منذ حوالي 8.7 مليون سنة، وديناميكية سترومبوليانية (4.10 - 1.45 مليون سنة) في الجهة الجنوبية من جبل فيلاوسين، وكذلك في كتلة حجر الكحلة وعين رمانة. وشهدت كتلة ويشة نوعاً واحداً من ديناميكية سترومبوليانية. شهدت منطقة تافنا السفلى وعين تموشنت ثلاثة أنواع من الديناميكية في العصر البليوسيني الرباعي: سترومبولي، وفريوتوماغماتي، ثم عن سلسلة $MgO/MgO+FeO$ سترومبولي. يكشف سلوك العناصر الرئيسية والضيئلة في الحمم البازلتية في أوراني وفقاً لنسبة صوديوم متميزة. يمكن توجيه تمايز هذه السلسلة إلى حد كبير من خلال عملية تبلور كسرية. من ناحية أخرى، تكشف تركيزات العناصر الأرضية النادرة وكذلك شكل الأطياف عن سمة انتقالية لباسلت الميوسين من الضفة اليمنى لتافنا الوسطى والجناح الجنوبي لجبل فيلاوسين. يُظهر التوازي بين أطيف العناصر الأرضية النادرة التي تم الحصول عليها في تدفقات العصر البليوسيني الرباعي تشابهاً بين جميع الحمم القلوية في الجهة الجنوبية لجبل فيلاوسين. يتناسب تسطيح بازلت أوراني مع نموذج مصدر غني ينشأ من ديابير وهنية داخل قارية.

الكلمات المفتاحية: تافنا الوسطى، ميو-بليو الرباعي، تبلور كسري، سترومبوليان، انبثاق، نشوئي، مصدر غني، انتقالي، قلوي، صخور مائية، داسيت، تدفق بازلتي. ديابير، وهنية، كروية داخل قارية.

Fig. 1: Situation des massifs volcaniques de l’Oranie nord-occidentale	3
Fig.2: Contexte géologique de l’Oranie nord occidentale (in Bendoukha, 2008).....	5
Fig.3: Cartographie des formations volcaniques de la moyenne Tafna	17
Fig.4: Situation Géographique des volcans du Djebel Fillaoucene	19
Fig.5: répartition géographique des volcans de Souhalia.....	20
Fig.6: répartition géographique des centres d’émission de la Basse Tafna.....	23
Fig.7: Situation géographique des volcans du massif d'Ain Temouchent	26
Fig.8a: pétrographe des coulées Basaltiques de Ain Romana et Hadjra Kahla.....	30
fig.8b: Position stratigraphique des produits éruptifs de la Rive Droite de la Moyenne Tafna...	31
Fig.9a: pétrographie des coulées basaltiques du Flanc Sud de Djebel Filaoucene	32
Fig.9b: Position Stratigraphique Des Produits Eruptifs Du Djebel Filaoucene	33
Fig.10a: pétrographie de s coulées basaltiques de Souahlia	34
Fig.10b: Position stratigraphique des produits éruptifs du massif de Souhalia	35
Fig.11a: pétrographies des coulées basaltiques de la Basse Tafna.....	37
Fig.11b: Position stratigraphique des produits éruptifs de la Basse Tafna	38
Fig.12a: pétrographie des coulées basaltiques de Massif d’Ain Temouchent.....	41
Fig.12b: Position stratigraphique des produits éruptifs du massif d’Ain Temouchent	41
Fig.13: Position stratigraphique des produits volcanique de l’Oranie nord occidentale.....	45
Fig.14 : déroulement des éruptions phréatomagmatique dans la Base Tafna.....	59
Fig.15 : Coupe du flanc sud du Fort Belinsi.....	62
Fig.16: Coupe reliant le Djebel Lakhmag (Flanc sud du Fort Belinsi) au volcan du Cap D’Acra.....	63
Fig.17: Position stratigraphique des produits éruptifs de l’ensemble des massifs.....	73

Fig.18: Position stratigraphique et corrélation dynamique des produits volcaniques de la Moyenne Tafna.....	74
Fig.19: Place des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie nord occidentale.....	80
Fig.20: Distribution de $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie nord occidentale.....	81
Fig.21: Distribution des éléments majeurs en fonction du rapport $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$ des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie nord occidentale.....	83
Fig.22 : Comportement des éléments majeurs en fonction de SiO_2 de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna.....	84
Fig.23: Comportement des éléments en traces en fonction de $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$ des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie nord-occidentale.....	88
Fig. 24 : Comportement des éléments en traces en fonction de $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$ des laves Mio-Plio-quaternaires de la Moyenne Tafna (rive droite et la rive gauche).....	89
Fig. (25a, 23b): Spectre de terres rares des laves alcalines plio-quaternaires de l'Oranie.....	91
Fig. (25 c, d): Spectres de terres rares des laves alcalines plio-quaternaires de l'Oranie.....	92
Fig. (25e): Spectres de terres rares des laves miocènes du Flanc sud du Djebel Fillaoucene et de la Basse Tafna.....	93
Fig.26: Diagrammes multiéléments normalisés au manteau primitif Sun et Mcdonough.....	94
Fig. 27: Variation de Zr/Th dans les basaltes alcalins plio-quaternaires de l'Oranie.....	95
Fig.28: Variation de Zr/Hf dans les basaltes alcalins plio-quaternaires de l'Oranie.....	95
Fig.29: Variation de Nb/La dans les basaltes mio-plio-quaternaires de l'Oranie.....	97
Fig.30: Variation de Cs/La des basaltes mio-plio-quaternaires de l'Oranie.....	98
Fig.31: variation de Nb/Th dans les basaltes mio-plio-quaternaire de l'Oranie.....	98
Fig.32: variation de Ba/Th dans les basaltes d'age mio-plio-quaternaire de l'Oranie.....	99
Fig.33: variation de Rb/Th dans les basaltes mio-plio-quaternaire de l'Oranie.....	100
Fig.34 ; Schéma illustrant la dynamique de remontée de magma basaltique servant à alimenter les chambres magmatiques du volcanisme Mio-Plio-quaternaire de l'Oranie.....	123

Liste des tableaux	page
Tab.1: volcans de la rive droite de la Moyenne Tafna.....	16
Tab.2: volcans de la rive gauche de Moyenne Tafna	18
Tab.3: volcans de la rive droite de Souhalia	21
Tab.4: volcans de la rive gauche de Souhalia	22
Tab.5 : volcans de la rive Droite de la Basse Tafna.....	24
Tab.6: volcans de la Rive Gauche de Basse Tafna.....	25
Tab.7: volcans de la partie Orientale d'Ain Témouchent	27
Tab.8: volcans de la partie Occidentale d'Ain T'émouchent	28
Tab.9: Récapitulatif du Dynamisme et âges radiométriques du volcanisme mio-plio-quaternaire de la Moyenne Tafna.....	50
Tab.10: Classification des roches composées de fragments volcaniques	54
Tab.11 : classification granulométrie	55
Tab.12: Classification des produits pyroclastiques et la nature des dépôts	55
Tab 13: Position stratigraphique des produits éruptifs des massifs Chentouf et Ain Temouchent ..	69
Tab14: Montrant les structures volcaniques du massif d'Ain temouchent et de Chentouf.....	70
Tab.15 : Dynamisme et âges radiométriques du volcanisme alcalin plio-quaternaire de l'Oranie .	75
Tab.16: Distribution des éléments majeurs de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna	124
Tab.17: Distribution des éléments majeurs de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna.....	125
Tab.18: Distribution en traces de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna.....	126
Tab.19: Distribution en traces de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna	127
Tab.20; Observation des Tufs a element moyens a la loupe binoculaire.....	109
Tab.21; Observation des Tufs a element moyens a la loupe binoculaire.....	110
Tab.22; Observation des tuffites a la loupe binoculaire	111

Liste des photos

page

Photo.1: un lombeau de coulée basaltique Miocène dont le centre d'émission serait dans la mer.	137
Photo.2 : Basalte de Douar El Hadjra.....	50
Photo.3: Formation des coulées basaltique en mer.....	52
Photo.4: morphologie des structures volcaniques du massif d'Ain Temouchent.....	105
Photo.5: Daya du volcan de Ben Ghana.....	106
Photo.6 : Tuf pyroclastique de retombée du volcan Douar El Hadjraé é é é é é é é é ...	107
Photo.7 : coupe de Flanc Est du volcan De Douar El Hadjraé	107
Photo.8 : Tuf Pyroclastique du volcan Douar El Hadjra.....	108
Photo.9 : Echantillon de Tuf a la piléde volcans de Douar El Hdjra.....	108
Photo.10 : Cinérite du Flanc Sud de Djebel Fillaoucene.....	112
Photo. 11: L'observation des cinérites au microscope.....	112
Photo.12: Maar du volcan Le Fort Belinsi.....	113
Photo.13 : Anneau de tuf du volcan de Dziuoua servant de réservoir hydraulique.....	114
Photo.14 : volcan de Sidi Ben Adda.....	137
Photo.15 : Céréale au volcan de Hamar Brarcha.....	115
Photo.16 : vignoble du cratère du volcan de Ben Ghana.....	115
Photo. 17: Maar du volcan Le Fort Belins	116
Photo.18 : Coulée prismée de Tadmaya (Basse Tafna).....	111
Photo.19 ; paysage liees au volcanique de lOranie.....	112
Photo.20: lavage des Tuf dans labo.....	138
Photo.21 : la chasé des tufs.....	138
Photo.22 : observation microscopique.....	139
Photo.23 : Contacte Soufre avec Basalte.....	139

Chapitre I : Généralité

I.1. Introduction.....	1
I.2. Cadre géographique.....	2
I.3. Cadre géologique et structural	4
I.4. Historique des recherches	7
I.5. But du travail.....	11

Chapitre II ; Etude volcanologique des produits éruptifs

II.1. Datations du volcanisme alcalin d'Oranie.....	13
II.2. Etude volcanologique	14
II.2.1. la Moyenne Tafna.....	15
II.2.2. Le massif volcanique de Souhalia	20
II.2.3. Le massif volcanique de la Basse Tafna	23
II.2.4. Le massif volcanique d'Aïn Témouchent.....	26

CHAPITRE III : Pétrographie des produits éruptifs

III.1. Introduction.....	30
III.2. Pétrographie des coulées de la Moyenne Tafna	30
• Pétrographe des coulées de la rive droite de la Moyenne Tafna.....	30
• Pétrographe des coulées de la rive gauche de la Moyenne Tafna.....	31
• Conclusion	33
III.3. Pétrographie des laves des Souhalia	34
• Conclusion.....	35
III.4. Pétrographie des produits éruptifs de la Basse Tafna	36
• Conclusion.....	39

III.5. Pétrographie des produits éruptifs du massif d'Ain Témouchent.....	40
• Conclusion.....	42
III.6. Conclusion de l'étude pétrographique	44

CHAPITRE IV : Dynamisme

IV.1. Introduction	47
IV.2. le dynamisme de la Moyenne Tafna.....	47
• La rive droite de la Moyenne Tafna.....	47
- Le premier épisode.....	47
- Le deuxième épisode.....	48
• La rive gauche de la Moyenne Tafna.....	48
- Premier Episode volcanique	49
- Deuxième épisode volcanique	49
• Conclusion.....	49
IV.3. Le dynamisme du massif volcanique de Souhalia	50
• Interprétation dynamique.....	51
IV.4. Le dynamisme du massif volcanique de la Basse Tafna	52
IV.4.1). L'épisode effusif du Miocène	52
IV.4.2). L'épisode inférieur type strombolien	53
IV.4.3). L'épisode phréatomagmatique	53
IV.4.4). L'épisode supérieur de type strombolien	62
IV.5. Le dynamisme du volcanisme d'Ain Témouchent	64
1) Le premier épisode phréatomagmatique.....	64
2) L'épisode strombolien inferieur.....	64
3) Le second épisode phreatomagmatique.....	65
4) L'épisode strombolien supérieur.....	67
IV.6. Synthèse dynamique	71

CHAPITRE V : Géochimie des laves

V.1. Introduction	77
V.2. Distribution des éléments majeurs	77
V.3. Classification et nomenclature des laves de mio plio quaternaire	79
V.4. Distribution des éléments en traces	85
1) Distribution de Th, La, Zr, Nb et Yb dans les laves alcalines d'Oranie.....	95
2) Diagrammes Binaires.....	96
V.5. Conclusion à l'étude géochimique.....	100

Chapitre VI : Aspect Economique

1. Introduction.....	105
2. Minéralisation liée au phreatomagmatique	106
3. Minéralisation liée au volcanisme Alcalin de l'Oranie.....	112
4. Aspect Hydraulique	113
5. Aspect Agricole.....	114
6. Aspect touristique.....	111
7. Conclusion.....	116

Conclusion Générale é .é é .	118
---	-----

Bibliographe

Tableau d'analyse

Annexe

CHAPITRE I : Généralité**1. Introduction**

L'Oranie nord-occidentale, située à la jonction du Tell algérien et du Moyen Atlas marocain a été le siège d'une importante activité volcanique néogène à quaternaire (Sadran, 1958 ; Guardia, 1975 ; Bellon, 1976 ; Bellon et Brousse, 1977 ; Bellon, 1981 ; Bellon et al., 1984 ; Mégartsi, 1985 ; Bendoukha, 1987 ; Abbad, 1993 ; Tabeliouna, 1997 ; Piqué et al. 1998 ; Coulon et al., 2002 ; Louni-Hacini, 2002 ; Zerka, 2004 et Bendoukha et al., 2008).

Ce volcanisme montre un changement de composition : de calco-alcalin au Miocène, il devient alcalin au Plio-Quaternaire.

Cette évolution, qui apparaît généralisée à l'ensemble du pourtour de la Méditerranée occidentale, est attribuée :

- soit à un contexte particulier de subduction de la plaque Alboran sous la plaque Afrique et dont l'activité aurait été stoppée au Pliocène inférieur (Guardia, 1975 ; Bellon, 1976 ; Louni-Hacini et al. 1995 ; El-Azzouzi et al. 1999 ; Maury et al. 2000) ;
- soit à un contexte d'amincissement lithosphérique lié à la réactivation d'un vaste cisaillement parallèle à la marge nord-africaine (Hernandez et al. 1987 ; Piqué et al., 1998) ;
- soit à une combinaison complexe, dans l'espace et dans le temps, des deux processus (Zerka, 2004).

Notre étude a pour objectif de compléter les nombreux travaux précédents ayant porté sur différents complexes éruptifs d'Oranie nord occidentale.

Elle s'attachera aussi en évidence l'origine et la dynamique de mise en place en surface des basaltes transitionnels (miocène) et alcalins plio-quaternaires.

En comparaison avec les résultats obtenus dans les différents massifs étudiés, elle mettra en évidence les relations qui pourraient exister entre les sources magmatiques ayant donné naissance aux volcanismes alcalins et transitionnels de l'Oranie nord-occidentale.

2. Cadre Géographique

Les formations éruptives d'âge Mio-Plio-Quaternaire de l'Oranie nord-occidentale se repartissent le long du littoral entre la frontière algéro-marocaine et le méridien d'Aïn Témouchent (**Fig.1**). Elles s'étendent, vers l'intérieur des terres, sur une largeur de 20 km environ. Le magmatisme alcalin, sur lequel notre étude est basée est représenté par des massifs plus ou moins éloignés les uns des autres. Nous distinguons d'Ouest en Est :

- la rive droite de la Moyenne Tafna ;
 - les épanchements volcaniques du flanc du Jebel Fillaoucène ;
 - le massif éruptif de Souhalia ;
 - le massif volcanique de la Basse Tafna ;
 - le massif éruptif d'Ain Témouchent.

Les massifs de la Basse Tafna et d'Ain Témouchent, situés respectivement à environ 70 et 80 km au sud-ouest d'Oran occupent des dépressions aménagées au Nord des Monts des Traras et des Sebâa Chioukh et se caractérisent par des reliefs d'altitude modérée (points culminants : 507 m à Aïn Témouchent et 641 m dans la Basse Tafna).

Quelques plateaux basaltiques apparaissent dans la topographie comme ceux de Tadmaya et de Souk Et-Nine (rive gauche de Basse Tafna) et celui du volcan de Benghana (Aïn Temouchent).

Le massif de Souhalia, situé plus à l'Ouest de celui de la Basse Tafna, présente des reliefs plus ou moins élevés en forme de cône, de dôme ou de daya, comme celle de Tigraou, bien visibles dans le paysage. La rive droite de ce massif montre un plateau basaltique. Des falaises entaillées par l'Oued Marsa laissent apparaître une succession de cinq coulées.

Le Jebel Fillaoucène, situé au Sud Ouest du massif de Souhalia constitue la terminaison orientale des Traras, présente dans son flanc sud des épanchements volcaniques formés par un nombre restreint de centres éruptifs. En revanche, il montre par rapport aux autres massifs une structure typique au volcanisme telle que le dyke de Boutrack.

Les coulées rejetées par ces volcans dessinent des plateaux basaltiques. L'épanchement des laves s'est fait en direction du sud est et du sud ouest.

Les appareils volcaniques de l'ensemble des massifs dessinent soit des cônes stromboliens, soit des dômes érodés.

Cependant, nous notons dans la rive droite de la Basse Tafna une structure de maar et des anneaux de tufs et des cônes de tufs dans celui d'Ain Temouchent.

La moyenne Tafna :

Les produits éruptifs caractérisent un volcanisme alcalin et transitionnel, alimenté par 2 massifs éruptifs(Ain Romana et Hadjra El Kahla).

Les centres d'émission ayant rejetés une quantité importante de basalte de dacites et de produits de projection.

Les laves se sont épanchées dans toutes les directions sur une faible superficie.

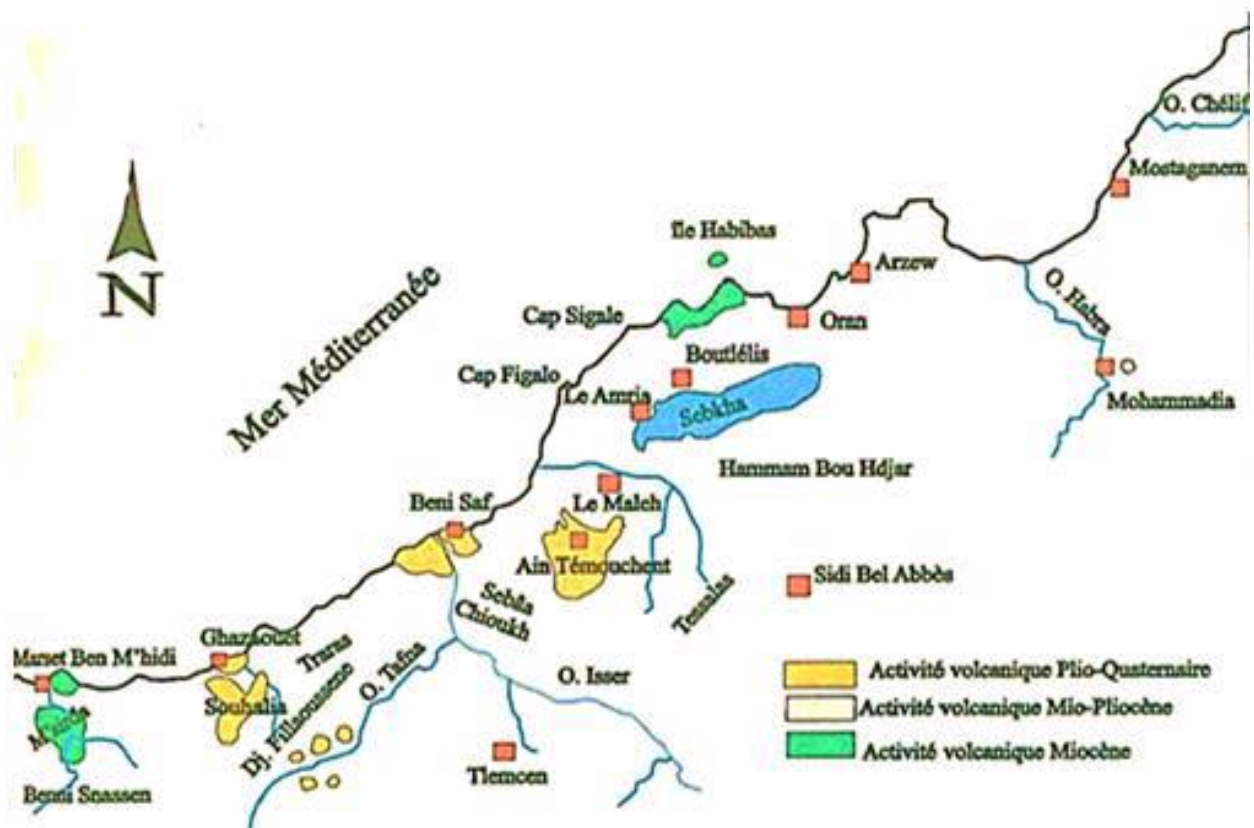


Fig.1: Situation des massifs volcaniques de l'Oranie nord-occidentale (Coulonet al.2002).

3. Cadre géologique et structural

Cadre géologique

Du point de vue géologique, les massifs éruptifs de l'Oranie sont séparés les uns des autres par des massifs montagneux présentant des points culminants qui dominent dans le paysage.

Le Djebel Fillaoucène dont le flanc sud a émis une quantité importante de lave basaltique qui s'est étalée sur 5 à 7 km de large et une quarantaine de km de longueur.

Le massif de Souhalia situé dans le littoral est limité au sud par la terminaison orientale des Traras qui laisse apparaître plusieurs sommets culminants, présentant une morphologie torrentielle et à ravinement très accentué qui créent des dénivellations parfois très importantes.

Le massif de la Basse Tafna situé lui aussi dans le littoral, montre un sommet d'altitude 614 m, représenté par le dôme de Koudiat Sidi Aïssa.

Les centres éruptifs de cette région dessinent de petites collines présentant une topographie assez monotone.

La partie orientale de ce massif est limitée par le Djebel Skouna, qui lui présente un point culminant de 409 m.

Il présente une morphologie accidentée qui plonge sans discontinuité jusqu'au Cap Oulhassa (212 m).

Enfin, **le massif volcanique d'Apn Ténouchent**, limité au sud-ouest par les monts de Sebâa Chioukh, montre des sommets d'altitude moyenne et des dépressions circulaires de diamètre atteignant parfois 800 m.

La partie Sud Est de ce massif est limitée par les monts de Tessala, qui créent dans la topographie un paysage de collines enchevêtrées.

Du point de vue géologique, les massifs éruptifs de l'Oranie sont séparés les uns des autres par des massifs montagneux présentant des points culminants qui dominent dans le paysage.

Le Djebel Fillaoucène dont le flanc sud a émis une quantité importante de lave basaltique qui s'est étalée sur 5 à 7 km de large et une quarantaine de km de longueur

Par contre dans la rive gauche (flanc sud de djebel Fillaoucène) nous distinguons un sommet culminant atteignant 726m au volcan de M'rabet Rabah

. Cadre structural

Les gisements volcaniques d'âge plio-quaternaire de l'Oranie nord-occidentale se placent dans le domaine externe de la chaîne alpine dans lequel Guardia (1975) a pu distinguer : une zone atlasique et une zonetellienne (Fig.2).

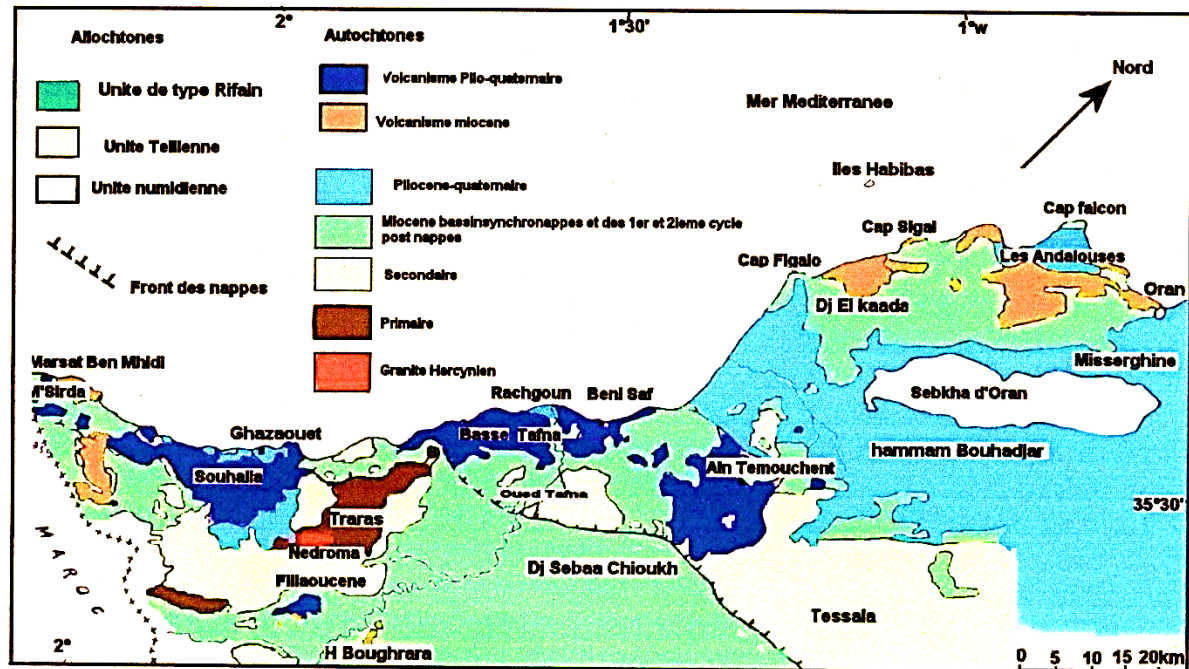


Fig.2: Contexte géologique de l'Oranie nord occidentale (in Bendoukha, 2008).

1) La zone atlasique

La zone atlasique constituée de terrains autochtones comprend la chaîne Fillaoucène dans laquelle se trouvent les coulées volcaniques de Boutrack et le massif des Traras.

Cette zone comporte des terrains paléozoïques représentant le substratum et une couverture mésozoïque. Cette dernière fait ressortir cinq ensembles sédimentaires :

- une série carbonatée inférieure (Lias.Dogger) ;
- une série pélitique (Callovien-Oxfordien inférieur) ;
- un ensemble grés-carbonaté supérieur (Oxfordien supérieur alpin) ;
- une série marno-calcaire (Cénomanién-Sénonien).

Cette zone est affectée par un réseau de faille atlasique (N 40°-N90°) ainsi que par des failles de direction N20° Glangeaud (1952).

2) La zone tellienne

Cette zone regroupe quatre ensembles (Guardia, 1975).

- **L'autochtone et le para-autochtone.**

Cet ensemble constitué d'allochtone, et d'allochtone non métamorphique est représenté par diverses unités. En effet, l'autochtone affleure près d'Aïn Témouchent au Djebel Tounit et à Douar Chentouf. Guardia (1975) a rattaché au para-autochtone les lambeaux de poussée Jurassiques de la région de Souhalia et de Djebel Zendal (M'Sirda).

- **L'allochtone métamorphique.**

Il est représenté par l'unité de :

- Houariya (Primaire –Jurassique)
- Du Skouna (Jurassique -Crétacé inférieur)
- De Souhalia (Jurassique supérieur –Crétacé inférieur)
- D'El Mokrane (Crétacé inférieur- Eocène)

- **L'allochtone non métamorphique**

Guardia (1975), a distingué trois unités dans l'allochtone non métamorphique

- Unité de Chouala composé de marne (Crétacé inférieur et moyen et de l'Oligocène affleurant au Nord du Djebel Sebâa Chioukh).
- L'unité « Sénonienne » formée de marne.
- L'unité Oligo-Miocène affleure en lambeaux à Arlal et à Sebâa Chioukh
- Les lambeaux du Numidien.

Ils affleurent dans la Basse Tafna et dans la région d'El Mokrane sous forme de lambeaux constitués de dragées de quartz.

Les matériaux composant les unités allochtones se sont mis en place frontalement dans un bassin synchronappe.

Les dépôts synchronappes (Miocène) affleurent au sud d'Aïn Témouchent, dans la vallée de la Tafna. Leur accumulation devient importante dans le massif des Tessala Guardia (1975)- Bellon et al. (1984).

Dans les monts de Sebâa Chioukh, la vallée de la Moyenne et Basse Tafna, des formations continentales argileuses vertes, puis lie de vin associés à des grés et poudingues sont comprises dans les dépôts attribués au Miocène terminal ainsi que dans le matériel de nappes qui peut se déposer au même moment que le Miocène synchronappe situé plus au sud.

- Formation marine (marne bleue) des monts de Sebâa Chioukh.

Enfin une série calcaire couronne ces dépôts.

Les cycles Pliocène renferment des dépôts marins et continentaux.

Fenet (1975), distingue vers l'est des niveaux de conglomérats rougeâtres, des argiles et des marnes marines qu'il attribue à un premier cycle post-nappe.

Au-dessus de ces séries, trois cycles sédimentaires sont individualisés.

Cycle Miocène terminal pendant lequel deux bassins se sont individualisés.

Le bassin oriental est situé dans la moyenne et la basse Tafna et dans les monts de Sebâa Chioukh Guardia (1975).

Le bassin occidental limité à la région de M'sirda ainsi que toute la zone située au sud de la moyenne Tafna et des Traras présente une série sédimentaire constituée de :

- Formation rougeâtre, continentale bien représenté dans la moyenne Tafna et atteint les contreforts du Fillaoucène.

4. Historique des recherches

Le magmatisme de l'Algérie du nord est représenté par des massifs plus ou moins éloignés les uns des autres selon les régions. Il dessine un liseré plus ou moins continu qui se poursuit au-delà des frontières orientales et occidentales.

A l'est, il est représenté par une base de donnée qui a été au fur et à mesure améliorée en alcalin et en calco-alcalin par différents auteurs.

Le magmatisme de l'est algérien, notamment celui représenté au Djebel Filfila et dans la région Bejaïa-Amizour, fut étudié par B. Semroud, (1980).

Quant à celui du cap Bougaroun, il fut entamé par A. Ouabadi (1994), celui du massif l'Edough par Aïssa.

Dans l'algérois, le magmatisme de Thenia fut étudié par O. Belanteur (1989), celui de la région de Hadjout par F. Ait Hamou (1987).

Dans l'Ouest algérien, le magmatisme a aussi attiré l'attention de nombreux auteurs

Les roches volcaniques alcalines d'Oranie nord-occidentale ont fait l'objet de plusieurs travaux. Les plus anciens d'entre eux, datant de la fin du XIXème siècle, ont abouti à des notes succinctes portant sur l'étude de zones très limitées.

En effet, Velain (1874) donne une très courte description pétrographique du matériel éruptif. Il aborde la nature des riches volcaniques des îles Habibas et signale entre autre une néphéline à mélilite dans l'île de Rachgoun.

Lacroix (de 1893 à 1927), dans plusieurs de ses ouvrages, a apporté des précisions sur la minéralogie et la chimie des laves de la région.

De nombreux échantillons, remis par Velain et Gentil, ont été cités dans ses publications sur « la minéralogie de la France et de ses colonies » et sur « les enclaves des roches volcaniques ».

Il fut le premier à qualifier les produits effusifs d'Aïn-Témouchent de basanitoïdes à analcime précisant ainsi, par la pétrographie, le caractère sous-saturé et alcalin de ce secteur.

Gentil (1903) présente une étude sommaire de quelques laves et rattache celles du plateau de Tadmaya à un basalte à olivine.

D'autre part, il indique la présence de sanidine au Cap d'Acra et décrit des labradorites sans signaler leurs lieux.

Enfin, il entame une courte description des tufs à lapillis et présente une carte simplifiée de la région.

Plus tard il publie des travaux sur les basaltes à analcime d'Ain Témouchent ainsi que le chimisme des laves.

Parallèlement à ces premières cartographies détaillées, Gentil (1903) présente une étude plus élaborée des massifs éruptifs de la Moyenne et Basse Tafna et du secteur d'Ain-Temouchent

Sadran (1958) a focalisé ses travaux sur le volcanisme récent de l'Oranie et publie une thèse comportant une cartographie schématique des différents centres d'émission et des produits émis.

Il donne une chronologie relative du volcanisme et précise la nature pétrographique des différentes coulées.

Entre outre, il signale également la présence d'enclaves de natures pétrographiques variées et montre que le substratum gréseux des coulées de la Basse Tafna est constitué de sable à hélix d'âge Miocène supérieur, probablement "le Messinien".

Enfin, il publie des résultats d'analyses chimiques et relie la tectonique avec le volcanisme. Fenet (1975), par ses études structurales, adopte pour l'Oranie, un modèle selon les conceptions « nappistes » tout en précisant la stratigraphie d'un grand nombre de secteurs et actualisant, par leurs arguments, d'intéressantes interprétations géodynamiques à l'échelle régionale.

Guardia (1975) présente une synthèse géologique et structurale de la région. Il conclue que le volcanisme de la Basse Tafna est totalement indépendant vis à vis de la tectogénèse antérieure, mais plutôt lié à une néotectonique profonde.

Bellon et Brousse (1977), Bellon et Guardia (1980) et Bellon et al (1984) de caractériser la position stratigraphique et l'âge de mise en place du volcanisme oranais.

Bellon et Guardia (1980), publient les résultats de l'étude paléomagnétique des roches éruptives alcalines de l'Oranie ainsi que leur datation au K/Ar.

D'autre part, ces derniers précisent l'âge de la formation gréseuse qui constitue le substratum dans certains massifs volcaniques.

Megartsi (1985) présente une synthèse géologique, pétrologique et géodynamique de tout le volcanisme mio-plio-quaternaire de l'Oranie nord-occidentale.

Il différencie les manifestations volcaniques calco-alcalines, d'âge Miocène (secteur de Tifarouine-Bouzedjar), des éruptions alcalines mio-pliocènes (secteurs des M'sirda et de la Moyenne Tafna) et plio-quaternaires (massifs des Souhalia, de la Basse Tafna et d'Aïn-Témouchent).

Bendoukha (1987, 2008 et 2009), entame une étude dynamique, pétrographique et géochimique du volcanisme mio plio quaternaire d ain temouchent de la Basse Tafna de Souhalia et du Djebel Fillaoucene.

Il met en évidence trois grands épisodes volcaniques majeurs (strombolien à la base puis phréatomagmatique enfin strombolien au sommet).

Il précise la nature alcaline et les faciès différenciés des massifs plio quaternaires.

Il apporte de nouvelles données sur les caractères dynamiques et géochimiques du volcanisme mio-plio-quaternaire de l'Oranie nord-occidentale.

Abbad (1993) présente une étude volcanologique de la partie septentrionale du massif éruptif de la Souhalia.

Il met en évidence une série alcaline sodique pour les laves de Souhalia et un seul épisode volcanique majeur de type strombolien.

Tabeliouna (1997) décrit l'activité phréatomagmatique du massif d'Ain T'émouchent et détaille la pétrographie et la minéralogie des basaltes émis.

Louni-Hacini et al (1995) proposent de nouvelles datations radiométriques (^{40}K - ^{40}Ar) de la transition du volcanisme calco-alcalin au volcanisme alcalin d'Oranie et obtienne des âges plus jeunes que ceux présentés par Bellon et Guardia (1980).

Louni-Hacini(2002), étudie la transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin dans l'Oranie nord occidentale.

Maury et al. (2000), Coulon et al. (2002) et Louni-Hacini (2002) suggèrent que la transition du volcanisme néogène de calco-alcalin à alcalin en Oranie, est post-collisionnelle et serait due à l'expression magmatique d'une rupture de la lithosphère subduction en se référant aux travaux de Carminatti et al. (1998) qui ont abouti à une image du manteau sous-oranais jusqu'à une profondeur de 400Km.

Zerka (2004) présente les premières approches concernant l'étude détaillée des enclaves ultrabasiques associées aux produits éruptifs d'Ain T'émouchent et de la Basse Tafna.

Il conclut une origine mantellique pour certaines d'entre elles et montre que les hétérogénéités minéralogiques et texturales observées dans les enclaves mantelliques d'Oranie sont le résultat de cisaillements lithosphériques en contexte distendit accompagnant d'importants processus méta somatiques.

Entre autre, il présente les données préliminaires sur les verres volcaniques piégés dans les xénolites ultrabasiques d'Oranie.

Il montre que leurs compositions en éléments majeurset traces sont distinctes aussi bien de celles des laves alcalines hôtes que de celles des roches calco-alcalines de la région.

Il estime que les verres siliceux des xénolites de type I sont le résultat de processus d'interaction entre liquides basaltiques d'infiltration et péridotites encaissantes.

5. BUT DU TRAVAIL

Les principaux objectifs de notre travail ont été:

- D'établir une chronologie des coulées de laves émises par les centres éruptifs de chaque massif.
- D'échantillonner les minéralisations ayant une relation avec le volcanisme alcalin et transitionnel.
- De mettre en évidence les grands épisodes volcaniques majeurs dans chacun des massifs.
- De définir la nature magmatique du volcanisme Plio-Quaternaire de l'Oranie à l'aide de la géochimie (éléments majeurs, traces et terres rares).
- D'expliquer à l'aide de modèle la dynamique de remontée du magma basaltique mio-plio-quaternaire de l'Oranie nord-occidentale.
- De discuter la relation entre le volcanisme et l'aspect économique du point de vue minéralisation et hydrologie.
- De présenter un model expliquant la remontée en surface des produits volcaniques de l'Oranie nord occidentale.

Chapitre II

Chapitre II : Etude volcanologique des produits éruptifs

1- Datation du volcanisme alcalin d'Oranie :

Avant d'entamer notre étude volcanologique, nous présenterons les datations du volcanisme alcalin de l'Oranie nord-occidentale qui ont été effectuées par différents auteurs.

En effet, les datations radiométriques ($^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$ sur roche totale) obtenues par Bellon et Guardia (1980), Louni-Hacini et al. (1995) et Coulon et al. (2002) indiquent que l'activité éruptive à caractère alcalin a débuté en Oranie d'abord dans le flanc Sud du Djebel Fillaoucène (Moyenne Tafna) vers -5,16 Ma (**Tab. 1 et 2**).

Dans la rive gauche du massif volcanique de la Basse Tafna plus exactement à Douar Gsabi , notre étude de terrain a permis de mettre en évidence un lombeau de coulée basaltique dont le centre d'émission serait dans la mer (**Photo 1 en annexe**).

Cette dernière est intercalée dans la formation marneuse du Miocène. Elle serait d'âge Messinien (Bendoukha et al, 2008).

Les éruptions volcaniques se sont, ensuite, manifestées de plus en plus vers l'Est et tour à tour se dans le massif des Souhalia (-4.9 Ma), dans la Basse Tafna (- 4,63 Ma) et bien plus tardivement dans la région d'Aïn Témouchent (-1.75Ma)

.Les manifestations éruptives se sont achevées en montrant également une évolution d'Ouest en Est. En effet, les derniers témoins de l'activité volcanique sont enregistrées dans le flanc Sud du Djebel Fillaoucène (-3,3 Ma), dans les Souhalia (- 2,12 Ma) et dans la Basse Tafna (1,44 Ma).

Enfin les dernières manifestations éruptives connues en Oranie se sont achevées dans le secteur d'Aïn Témouchent vers - 0,82 Ma.

Dans le complexe d'Aïn-Témouchent, les âges calculés (0,82 -1,28 Ma ; Louni et al. 1995) révèlent une période d'activité très restreinte et très récente. Cependant et d'après nos propres observations de terrain, ces âges ne paraissent représentatifs que des toutes dernières manifestations stromboliennes de ce massif.

Les éruptions plus précoces de nature phréatomagmatique et responsables de l'édification d'importants anneaux de tufs, n'ont pas été datées. Elles seraient d'un âge antérieur à 1,28 Ma. Leur

position stratigraphique et leur comparaison avec les produits de la Basse Tafna pourraient leur attribuer un âge de 2,74 à - 2,55Ma.

Par ailleurs, à certains endroits du secteur d'Aïn-Témouchent, les anneaux de tufs recouvrent des formations lacustres qui renferment des fossiles de vertébrés probablement de type Hipparion, (Mahboubi et Tabeliouna comm.ora), et qui indiqueraient un âge au moins Miocène.

2. ETUDE VOLCANOLOGIQUE

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes inspirées des levers de cartes géologiques à l'échelle de 1/25000 du flanc sud du Djebel Fillaoucène (Bendoukha, 2008), de la rive droite de la Moyenne Tafna (Guardia 1975) de la Basse Tafna (Bendoukha, 1987) et de Souhalia, dans lesquelles ont été reportés les contours des formations volcaniques et sédimentaires.

Les massifs éruptifs de l'Oranie nord occidentale sont plus ou moins éloignés les uns des autres. Celui de la moyenne Tafna, représenté par le flanc sud du Djebel Fillaoucène, présente des reliefs plus ou moins accentués.

Les laves rejetées par les volcans de ce massif, se sont épanchées vers le sud-ouest et le sud-est et recouvrent de grande superficie celles de la rive droite se sont épanchées sur de faibles surfaces.

Le massif de Souhalia, montre deux points culminants bien visibles dans le paysage. Il s'agit du volcan d'El Koudia, dont les coulées basaltiques dessinent de véritables plateaux basaltiques

Quant au massif de la Basse Tafna, là aussi deux points culminants. Il s'agit des volcans en forme conique d'El Gloub, situé dans la partie méridionale de la rive gauche de la Tafna et de Sidi Aissa, qui se trouve à quelques km au nord-ouest de celui-ci.

A Aïn Témouchent, les produits éruptifs dessinent de petites collines séparées de petites vallées qui par endroits laissent apparaître une falaise qui est marquée soit par des produits pyroclastiques soit par une coulée basaltique.

Nous aborderons l'étude détaillée des centres d'émission de chaque massif en commençant par celui du flanc sud du Djebel Fillaoucène, suivi par Souhalia, puis par celui de la Basse Tafna et enfin par celui d'Aïn Témouchent. Les produits rejetés par les centres d'émission de l'ensemble des massifs reposent indifféremment soit:

- sur les assises du Miocène

- sur un substratum gréseux, constitué de sable ocre à hélix attribué au Villafranchien (Sadran, 1958)
- Sur un matériel de nappes (Souhalia et Basse Tafna).
- Sur un niveau conglomératique rougeâtre d'âge Pliocène (Flanc sud du Djebel Fillaoucène).

2.1. La Moyenne Tafna

- **La rive droite de la moyenne Tafna :**

A partir de 9 Ma, l'activité magmatique dans le Sahel d'Oran est relayée par les émissions basaltiques de la Moyenne Tafna.

Cet épisode volcanique est responsable de la mise en place de coulées basaltiques en rive droite de la Moyenne Tafna (Hadjeret El Kahla et Ain Romana) et en rive gauche (flanc sud du Fillaoussène, Sidi Ali Benzomra et plus au nord l'Oued Bou Kiou).

Ces coulées de laves reposent sur des formations du Miocène synchronappes et sont interstratifiées dans les sédiments miocènes post nappe premier cycle. **(fig.3)**

En fait, dans cette région, l'activité a débuté par la mise en place du dôme rhyolitique de Hammam Bou Ghrara. Les âges à 14,97 Ma pour l'échantillon OR 21 et 12,07 Ma, pour l'échantillon 2162 (Bellon et al, 1984), ne sont pas significatifs, en raison de l'hydrothermalisme et de la silification secondaire intense qui a affecté ces roches.

Les datations montrent que les épanchements se sont produits de manière régulière et sans interruption lors de la période allant de 9,01 Ma à 7,16 Ma

A Hadjeret El Kahla, la coulée basaltique OR18 datée à 8,58 Ma peut être rattachée au volcan dont il ne subsiste que le neck (échantillon OR17) d'âge 9,01 Ma. Cet ensemble repose par endroit sur le Miocène synchronappe.

Cependant à Sidi Belkheir et à Ain Berdil, la coulée basaltique de Hadjerat El Kahla surmonte une coulée rhyodacitique datée à 8,15 Ma à Ain Berdil (OR B6) et à 7,99 Ma à Sidi Belkheir (OR 19). L'âge de cette coulée semble trop jeune par rapport à sa position stratigraphique. **(fig.3)**

Enfin, interstratifiée dans le Miocène post nappe premier cycle, la coulée basaltique de Ain Romana (OR42) datée à 9,01 Ma, achève cette activité volcanique sur la rive droite de la Moyenne Tafna.

Rive gauche de Moyenne Tafna, plusieurs épanchements volcaniques se sont succédés entre 9,35 Ma et 7,16 Ma.

Ainsi dans l'Oued Bou Kiou (**fig.4**), vers 9,35 Ma la coulée inférieure correspondant à l'échantillon OR13 s'est mise en place sur les sédiments du Miocène synchronappe.

Elle a été suivie par l'émission de la coulée basaltique datée à 8,70 Ma de Sidi Ali Benzomra (ORBZ1) sur le flanc Sud du Fillaoussène. (**Fig.4**)

L'étude volcanique de l'ensemble des ces centres de la rive droite de la Moyenne Tafna est reportée dans le (**Tab.1**)

MOYENNE TAFNA (RIVE DROITE)		
Volcans	Altitude	Nombre des coulées
Volcan d'Ain Romana	50m	3
Volcan de Hajra-El Kahla	60m	2

Tab.1: volcans de la rive droite de la Moyenne Tafna (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)

Formations volcaniques

Formations sédimentaires

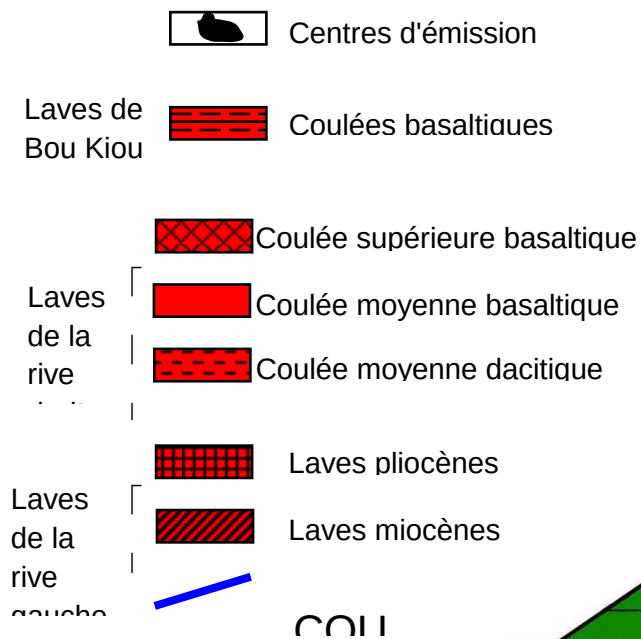
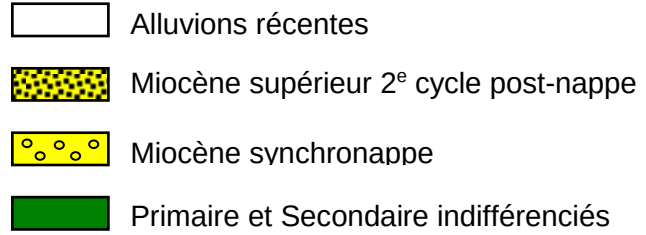
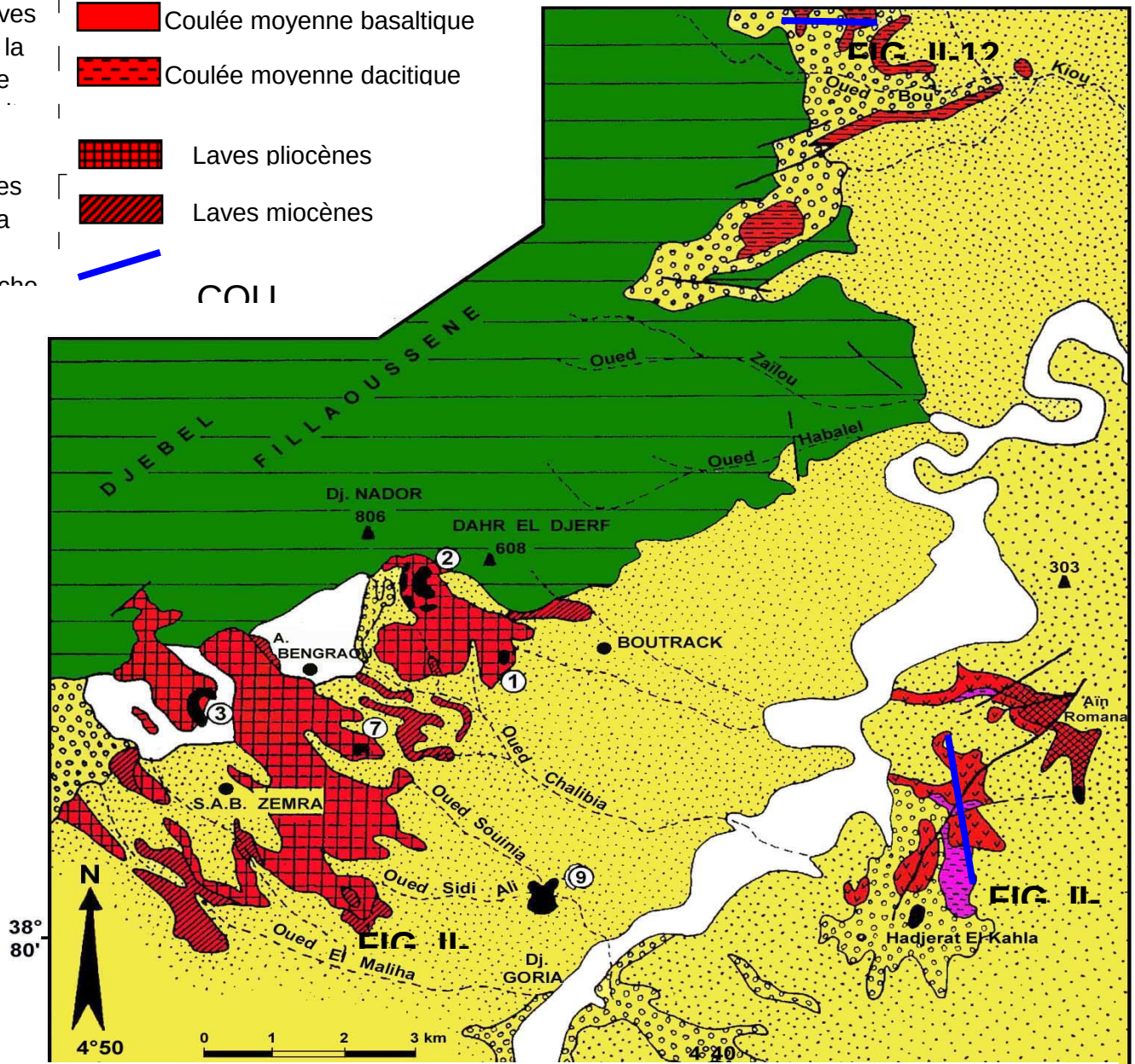


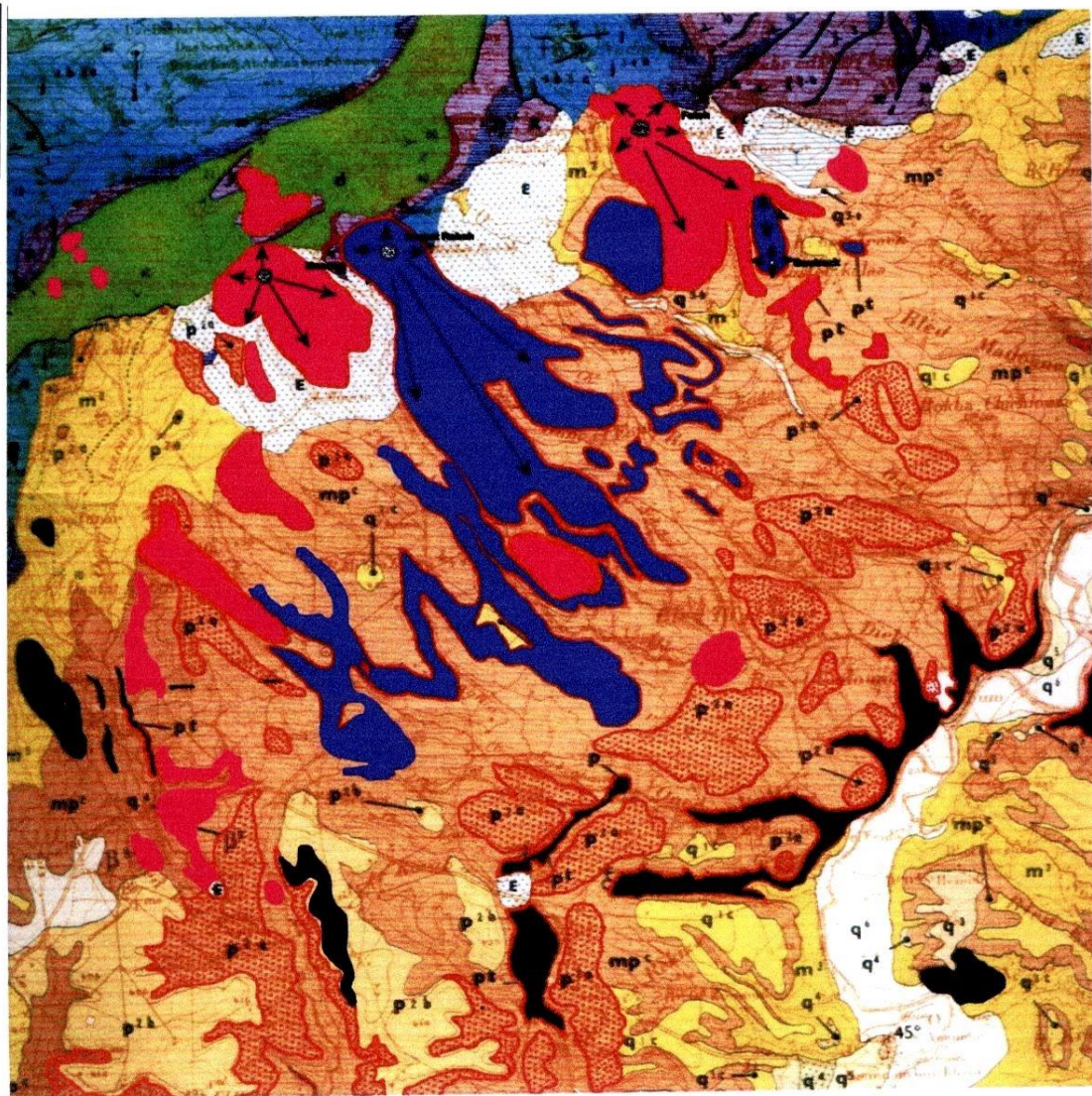
Fig.3 : Cartographie des formations volcaniques de la moyenne Tafna d'après (P. GUARDIA 1975)

- **Les épanchements volcaniques du flanc Sud du Djebel Fillaoucène. (La rive gauche) :**
 - Le flanc sud du Djebel Fillaoucène a donné naissance à des épanchements volcaniques qui recouvrent une surface assez importante (**Fig.4**).
 - Le peu d'appareils volcaniques rencontrés dans cette région ont émis une, deux voir cinq coulées basaltiques qui se sont épanchées en grande quantité vers le SE et le SW. Aucun de ces centres n'a gardé sa forme conique ou en dôme originelle.
 - Ils sont tous affectés par une intense érosion et ne sont reconnus que par la masse importante de brèches scoriacées de couleur brun rougeâtre. Les laves basaltiques émises par ces appareils reposent indifféremment :
 - Sur les assises marneuses du Miocène du 2^{ème} cycle post-nappes.
 - Sur un niveau conglomératique rougeâtre d'âge Pliocène (Guardia, 1975).

L'étude volcanique de l'ensemble des centres d'émission du Djebel Fillaoucène est reportée dans le (**Tab2**)

MOYENNE TAFNA (RIVE GAUCHE)		
Volcans	Altitude	Nombre des coulées
Volcan de Boutrack	200m	1
Volcan d Ain Maaden	704m	5
Volcan d'Ain Fettah	551m	2
Volcan de Sidi Ali Benzamra	314m	2
volcan de Mârabet Rabah	726 m	1

Tab.2: volcans de la rive gauche de Moyenne Tafna (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)



Echelle:1/50000

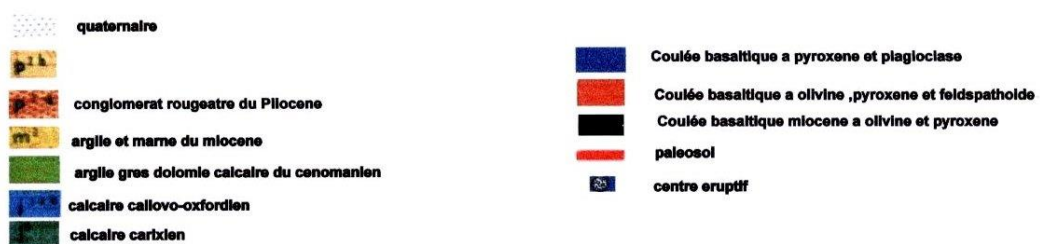


Fig.4 : Situation Géographique des volcans du Djebel Fillaoucene (Bendoukha 2008).

2.2. Le massif volcanique de Souhalia

Le massif éruptif de Souhalia, représenté par une zone montagneuse, montre des reliefs plus ou moins élevés indiquant par leur forme des centres d'émission. Ces derniers sont distincts de loin par rapport aux petites collines avoisinantes.

Les volcans de cette région ont tous une forme en cône ou en dôme aplati ou érodé à son sommet excepté celui de Tigraou qui présente une enceinte circulaire d'environ 800 m de diamètre.

Nous aborderons l'étude détaillée des centres d'émission en distinguant ceux de la rive droite de ceux de la rive gauche de l'Oued El Marsa (**fig.5**).

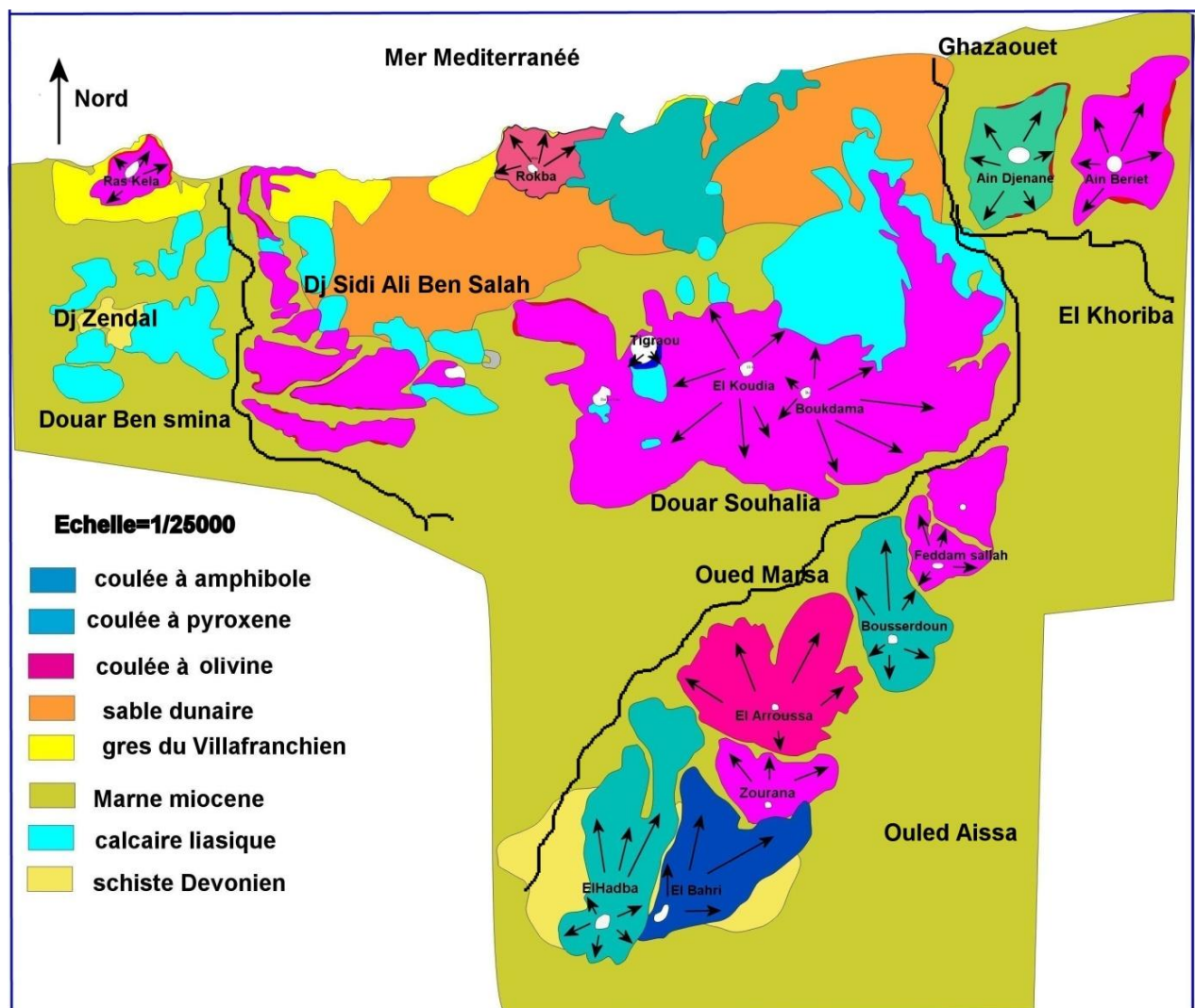


Fig.5 : Répartition géographique des volcans de Souhalia (Bendoukha 2008)

- **Les volcans de la rive droite de Souhalia**

Sur la rive droite de l'Oued El Marsa, onze centres éruptifs éloignés les uns des autres ont été identifiés. La plupart ont gardé leur forme originelle bien visible de loin. Ils ont émis une quantité assez importante de lave basaltique qui s'est épanchée sur une grande distance et recouvrent une grande superficie. Certains dessinent de véritables plateaux basaltiques.

L'étude volcanique de l'ensemble des ces centres démission du Souhalia Rive Droite est reportée dans le (Tab3)

SOUHALIA (RIVE DROITE)		
Volcans	Altitude	Nombre des coulées
volcan de Sidi Ben Adda	258m	4
volcan de Zourana	492m	1
volcan d'El Bahri	614m	2
volcan de Bousserdoun	360m	3
volcan Feddam Sallah	334m	3
volcan Ain Beriet	256m	3
volcan Ain Djenane	277m	2
volcan Dar Ali Ben	314 m	3
volcan d'El Hadba	800m	1
volcan de Douar El Hadjra	433m	2
volcan de Sidi Amar	146m	1

Tab.3: volcans de la rive droite de Souhalia (Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)

- **Les centres d'émission de la rive gauche de Souhalia.**

La rive gauche compte huit appareils volcaniques éloignés les uns des autres. Ils reposent indifféremment sur les assises du Miocène du 2^{ème} cycle post-nappes ainsi que sur le matériel de nappe de type rifain.

La plupart de ces centres d'émission, ont gardé leur forme originelle de dôme, de cône ou d'enceinte circulaire.

L'ensemble de ces appareils laisse souvent apparaître une superstructure formant le plus souvent de grands plateaux basaltiques subhorizontaux.

L'étude volcanique de l'ensemble des ces centres d'émissions du Souahlia Rive Gauche est reportée dans le **(Tab4)**

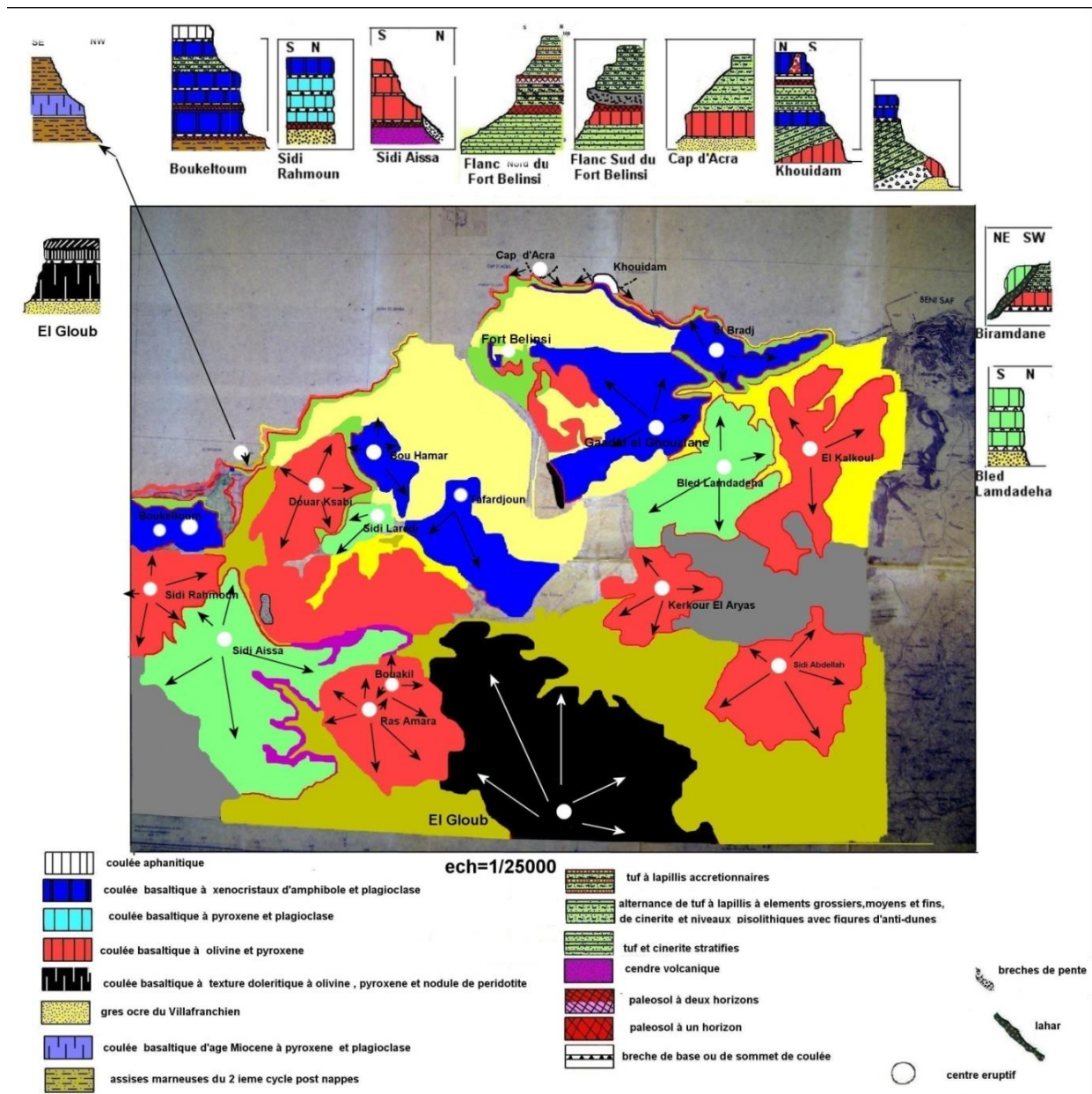
SOUHALIA (RIVE GAUCHE)		
Volcans	Altitude	Nombre des coulées
volcan de Ras El Kela	704m	2
volcan de Tigraou	133m	1
volcan de Boukhdima	373m	2
volcan d'El Koudia	444m	3
volcan Dar Ali Ben Salah	233m	4
volcan Ben Alloul	444m	4
volcan Rokba	221m	3
volcan Bouhabiba	80m	3

Tab.4:volcans de la rive gauche de Souhalia (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)

2.3. Le massif volcanique de la Basse Tafna.

La cartographie ainsi que l'étude géologique du massif éruptif de la Basse Tafna ont mis en évidence 23 centres d'émission.

La plupart ont gradé leur forme originelle de dôme, de cône scoriacé ou de maar (**Fig.6**)



- **les volcans de la rive droite de la Tafna :**

Sur la rive droite, 11 appareils volcaniques, proches les uns des autres ont été identifiés. La plupart d'entre eux ne sont mis en évidence que par la morphologie en dôme dont le cœur est occupé par de

L'étude volcanique de l'ensemble des ces centres d'émission du Basse Tafna Rive Droite est reportée dans le (Tab5)

BASSE TAFNA (RIVE DROITE)		
Volcans	Altitude	Nombre des coulées
volcan de Kerkour El Aryas	222m	3
volcan Gaadt El Ghouzlane	232m	3
volcan Bled Lamdadeha	261m	3
volcan Sidi Abdallah	265m	1
volcan d El Bradj	172m	2
volcan Biramdane	100m	1
volcan Khouidam	100m	1
volcan du Cap Dacra	100m	1
volcan de Fort Belinsi	250m	2

Tab.5 : volcans de la rive Droite de la Basse Tafna (Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)

- **Les volcans de la rive gauche de la Basse Tafna**

12 appareils volcaniques sont identifiés dans la rive gauche de la Basse Tafna (**Fig.6**). Un seul volcan situé en mer au nord est du centre d'émission de Boukeltoum et dont le cratère serait situé en mer (**Fig.6**) a vu son activité se développer pendant le miocène. La seule coulée prismée qui lui est rattachée renferme des cristaux de pyroxène, d'iddingsite et de plagioclase.

Le reste des centres d'émission ont fonctionné pendant le Plio-Quaternaire et ont émis une deux trois ou 4 coulées basaltiques qui pour la plus part d'entre elles se sont épanchées de façon centrifuge. Les coulées rejetées par le volcan d'El Gloub ont dessiné le plateau de Tadmaya alors que celles provenant du volcan de Sidi Aissa ont établi celui de Souk Etnine.

L'étude volcanique de l'ensemble des ces centres d'émission du Basse Tafna Rive Gauche est reportée dans le **(Tab6)**

BASSE TAFNA (RIVE GAUCHE)		
Volcans	Altitude	Nombre des coulées
volcan d El Gloub	155 m	2
volcan de Ras Amara	264 m	3
volcan de Bouakil	300m	3
le volcan de Sidi Aissa	403 m	3
volcan Sidi Rahmoun	347 m	3
volcan Douar Ksabi	282 m	2
volcan Tafardjoun	152 m	2
volcan Douar Bouhamar	146 m	1
volcan Sidi Laredj	191 m	3
volcan de Boukeltoum	373m	4

Tab.6: volcans de la Rive Gauche de Basse Tafna **(Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)**

2.4. Le massif volcanique d'Aïn Témouchent :

Les manifestations volcaniques du massif d'Aïn Témouchent ont donné lieu à une importante quantité de laves basaltiques et de dépôts pyroclastiques qui recouvrent plus de 200Km² **(Fig.7)**.

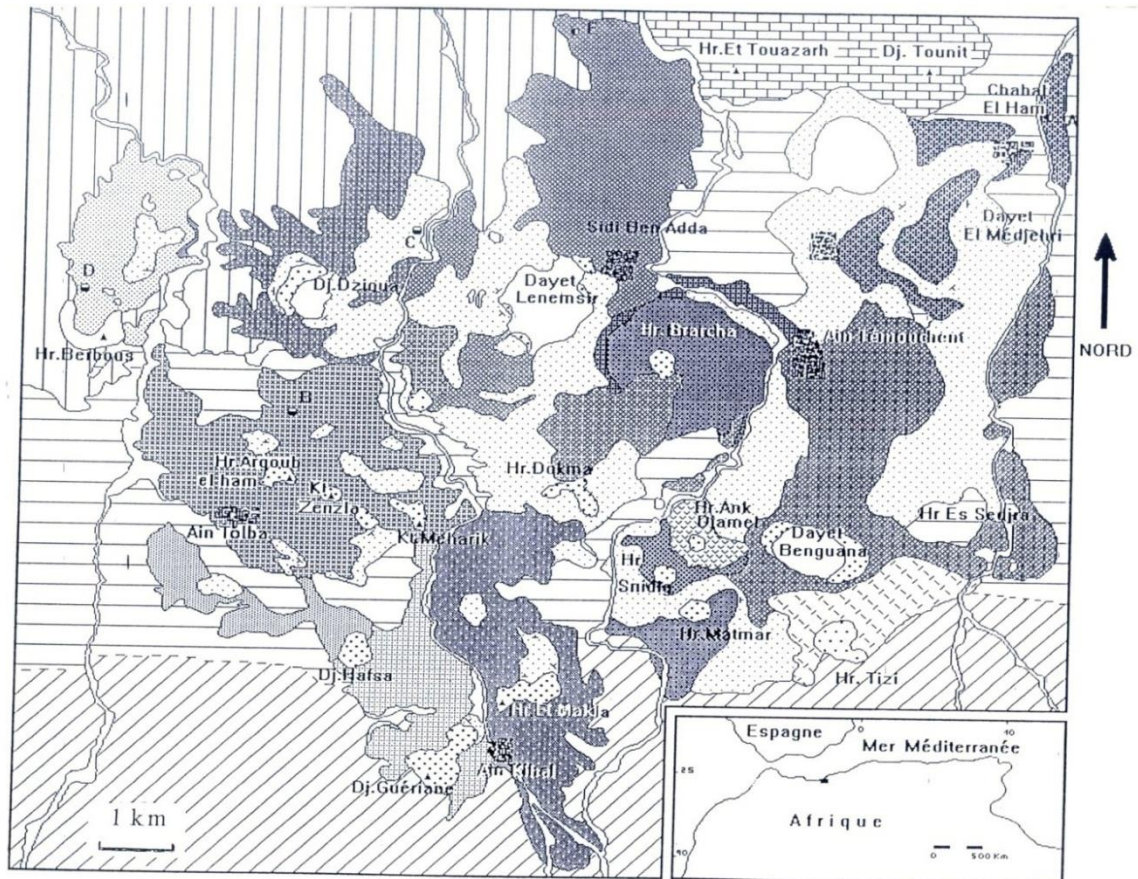


Fig.7 : Situation géographique des volcans du massif d'Ain Temouchent (Tabeliouna, 1997)

Les volcans de la partie orientale du massif d'Aïn Témouchent.

La partie orientale du massif volcanique d'Aïn Témouchent montre un nombre important de centres éruptifs présentant la morphologie de dôme aplati ou de cuvette visible de loin. Certains centres ont subi une intense érosion au sommet ou au flanc.

La présence de ces centres d'émission n'est attestée que par des scories brunes, des bombes volcaniques et des brèches scoriacées de couleur brun-rougeâtre.

L'étude volcanique de l'ensemble des centres d'émissions de la partie Orientale du Massif d'Ain Temouchent est reportée dans le (Tab7)

la partie Orientale du Massif D AIN Témouchent		
Volcans	Altitude	Nombre des coulées
volcan de Ben Ghana	400m	1
volcan de Hamar Snidig	446m	1
volcan de Hamar El Matmar	453m	1
volcan Hamar Tizi	507m	2
volcan Djebel Dokma	396m	2
volcan d'El Medjehri	600m	2
volcan de Hamar Bracha	340m	1
volcan de Douar Chafaa	146m	2
le volcan de Necissa	168m	1
volcan de Karmous En Sara	364m et 386m	1

Tab.7: volcans de la partie Orientale du Massif d'Ain Temouchent (Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)

- **Les volcans de la partie occidentale du massif d'Ain Témouchent**

La partie occidentale du massif éruptif d'Aïn Témouchent dispose d'un nombre important de volcans qui malgré l'érosion, ont pu garder leur morphologie originelle soit de cuvette ou de dôme scoriacé ou d'anneau de tuf.

L'étude volcanique de l'ensemble des ces centres d'émissions de la partie Occidentale du Massif D'Ain T'émouchent est reportée dans le **(Tab8)**

La partie occidentale du Massif d Ain Temouchent		
Volcans	altitude	Nombre des coulées
volcan de Sidi Ben Adda	258m	2
Volcan de Dzioua	372m	2
Volcan de Koudiat Berbous	301m	1
Volcan de Kouidiat Meharik	408m	2
Volcan de Argoub El Ham	355m	2
Centre eruptive de Hammar Makla	507m	2
Volcan de Djebel Guerriane	584m	2
Volcan Chami	507m	2

Tab.8; volcans de la partie Occidentale du Massif d Ain Temouchent **(Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)**

Chapitre III

CHAPITRE III : Pétrographie des produits éruptifs

1. Introduction

La cartographie réalisée par (Bendoukha 2008) et l'étude pétrographique des produits éruptifs de l'Oranie nord occidentale permettent de reconnaître, pour chacun des complexes volcaniques, **trois à six groupes** de basaltes. Ces différents groupes pétrographiques se distinguent entre eux par la nature et les caractéristiques des produits émis.

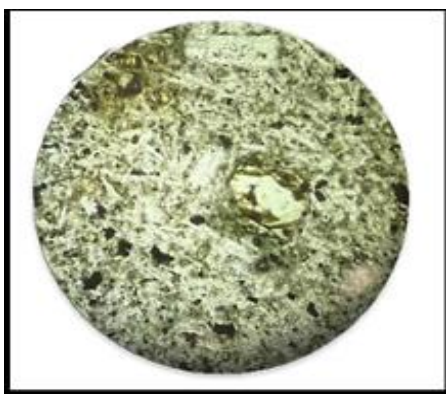
Le massif de la Moyenne Tafna révèle dans sa **rive droite** 2 massifs volcaniques ayant émis des coulées basaltiques et dacitiques qui se sont manifestées durant le mi-plio-quaternaire. Il s'agit de celui de Hadjra Kahla et celui de Ain Romana.

2. Pétrographie des coulées de la Moyenne Tafna :

La rive droite de la Moyenne Tafna révèle une lave dacitique et 2 coulées basaltiques à olivine et Clinopyroxène. La taille des minéraux diminue depuis la coulée inférieure jusqu'à la coulée supérieure.

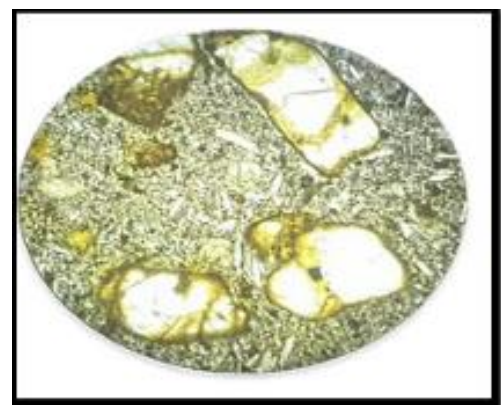
Les résultats de l'étude pétrographique des roches volcaniques de la rive droite de la Moyenne Tafna sont consignés dans la (**fig.8a et 8b**)

- **Pétrographie des coulées de la rive droite de la Moyenne Tafna :**



Coulée basaltique à pyroxène et
Ain Romana

LN (Grossissement 5X /0.12)



Coulée basaltique inférieure de Plagioclase de
Hadjra El Kahla

LN (Grossissement 5x/0.12)

Fig.8a : pétrographie des coulées Basaltiques de Ain Romana et Hadjra Kahla (**Mrabet 2023**)

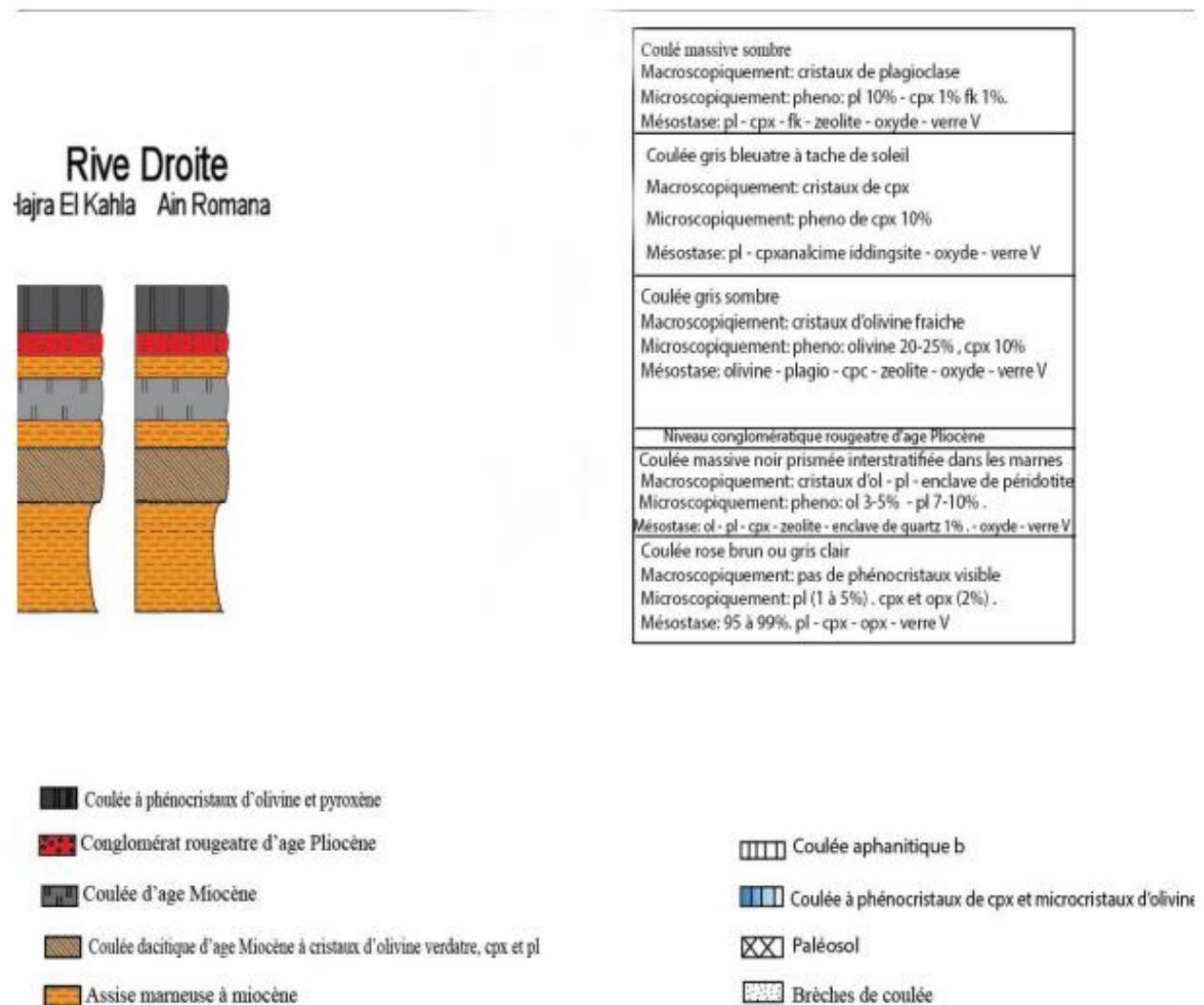


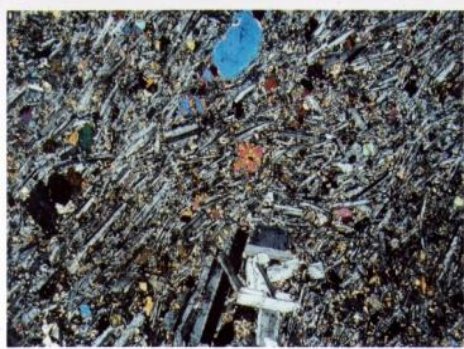
fig.8b: position stratigraphique des produits éruptifs de la Rive droite de la Moyenne Tafna (Bendoukha 2008, A. Mrabet 2023, modifié Ayadi et Chergui 2025).

- **Pétrographie des coulées de la rive gauche de la Moyenne Tafna :**

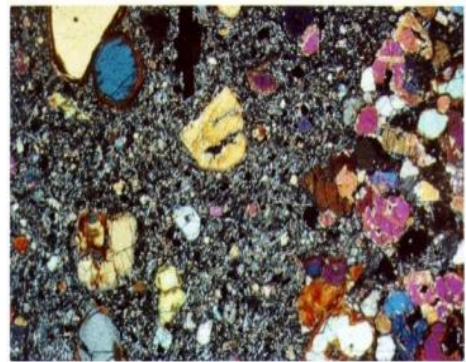
La rive gauche de la Moyenne Tafna révèle une lave basaltique d'âge miocène notée (F1) et en ensemble de coulées basaltiques renfermant de l'olivine et Clinopyroxène. (F2, F3) et une coulée aphanitique (F4)

La taille des minéraux diminue depuis la coulée inférieure jusqu'à la coulée supérieure

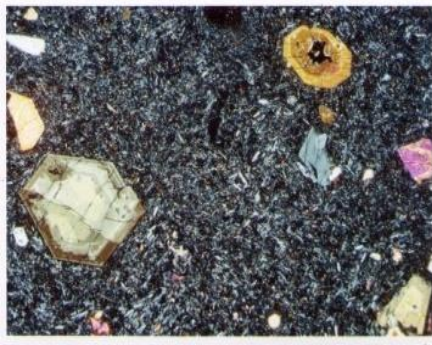
Les résultats de l'étude pétrographique des roches volcaniques de Flanc sud du Djebel Fillaoucène sont consignés dans la (fig.09a et 09b)



Coulée à texture microlitique d'âge Miocène du Flanc sud du Djebel Fillaoucène



Coulée inférieure du groupe F2.



Coulée inférieure du groupe F3



Coulée du groupe F4

Fig.9a : pétrographie des coulées basaltiques du Flanc Sud de Djebel Fillaoucène (**Bendoukha 2008**)



Fig.9b: Position Stratigraphique Des Produits Eruptifs Du Djebel Fillaoucène (Bendoukha 2008).

• Conclusion

La rive droite de la Moyenne Tafna révèle une lave dacitique et 2 coulées basaltiques à olivine et Clinopyroxène. La taille des minéraux diminue depuis la coulée inférieure jusqu' à la coulée supérieure.

Entre autre on note l'apparition de feldspath potassique dans la coulée la plus récente du groupe F4.

Ainsi nous voyons progressivement le pourcentage et la taille des phénocristaux d'olivine et du Clinopyroxène diminuer dans le flanc sud du Jebel Fillaoucène depuis le groupe F1 jusqu' à F4 ainsi que dans les coulées d'Ain Romana et Hadjra Kahla.

La roche devient plus claire et plus riche en microlites.

Ce schéma pourrait correspondre à l'évolution d'une série volcanique dans le cadre d'une hypothèse de cristallisation fractionnée

L'ordre de cristallisation global des diverses phases minérales pourrait s'établir comme suit :
Opaques → olivine → Clinopyroxène → orthose → analcime.

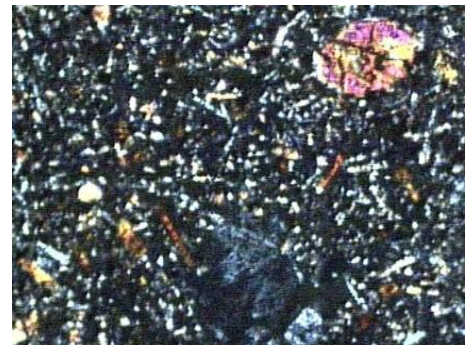
3. Pétrographie des coulées de Souhalia.

Les manifestations volcaniques du complexe des Souhalia peuvent être rassemblées en quatre groupes de basaltes, désignés S1 à S4, et pouvant comprendre chacun une à quatre coulées représentées par leurs propres caractères pétrographiques

Les résultats de l'étude pétrographique des roches volcaniques de Souhalia sont consignés dans la (fig.10a et 10b)



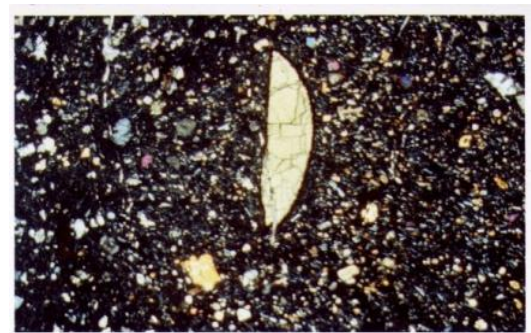
Coulée inférieure
du Groupe S1



Coulée moyenne
du Groupe S2



Coulée inférieure
du Groupe S2



Coulée inférieure à xénocristaux
d'amphibole

Fig.10a: pétrographie de s coulées basaltiques de Souahlia (**Bendoukha 2008**)

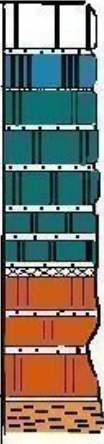
			Rive Droite	Rive Gauche	DESCRIPTION PETROGRAPHIQUE	Dynamisme
S4	2.12		Bouhabiba	El Bahri	<u>Macroscopiquement</u> : coulée grise <u>Mesostase</u> :plagio-iddingsite-cpx-oxyde-verre	Strombolien
S3			Tigraou	El Bahri	coulée a xenocristaux d"amphibole <u>Mesostase</u> : ol-cpx- plagio-amph- oxyde- verre	
S2			Rokba Boukdama Ben Alloul	El Hadba Ain Djenane El Arroussa Bousserdoun Dar Ali Benayed	<u>Macroscopiquement</u> :coulée gris clair à gris bleu renfermant: gros cristaux de cpx etpetis cristaux d'olivine <u>microscopiquement</u> : pheno cpx (10-20%) - o l(2-5%) <u>Mesostase</u> : cpx- ol- plagio- analcime- enclave enallogene de quartz- oxyde- verre	
S1			Ras ElKela- Rokba-El Bradj El Koudia- Bouhabiba Ali Ben Salah	Sidi Amar Zourana Feddam Salah El Bahri Douar El Hadjra Dar Ali Ben Ayed	<u>Macroscopiquement</u> :coulée gris bleu à grissombre renfermant: gros cristaux d'olivine et enclave de peridotite <u>microscopiquement</u> : pheno ol (15-20%) - cpxl(5-10%) <u>Mesostase</u> : ol-cpx- plagio-nepheline- apatita- enclave de peridotite- oxyde- verre	
	4.9		Formation Marneuse du Miocene du 2 ieme cycle post-nappes			

Fig .POSITION STRATIGRAPHIQUE DES PRODUITS ERUPTIFS DU MASSIF DE SOUHALIA .

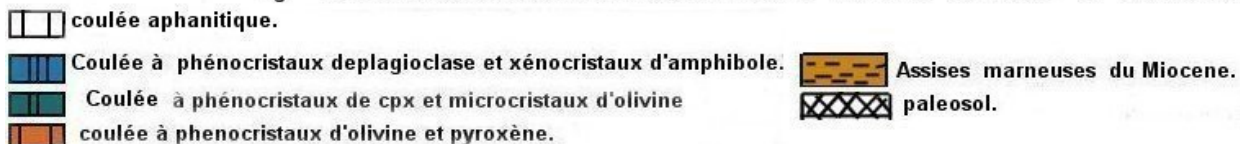


Fig.10b: Position stratigraphique des produits éruptifs du massif de Souhalia (Bendoukha 2008)

• Conclusion

L'étude pétrographique des laves de Souhalia révèle trois grands groupes de laves basaltiques notés S1 à S3. Ces groupes peuvent comprendre jusqu'à quatre coulées.

Depuis les roches du groupe S1 jusqu'à celles du groupe S3, nous pouvons observer une évolution des caractères texturaux et minéralogiques se traduisant par une diminution des proportions et de la taille des cristaux d'olivine et de Clinopyroxène et avec l'apparition de xénocristaux d'amphibole dans les coulées les plus récentes du groupe S3.

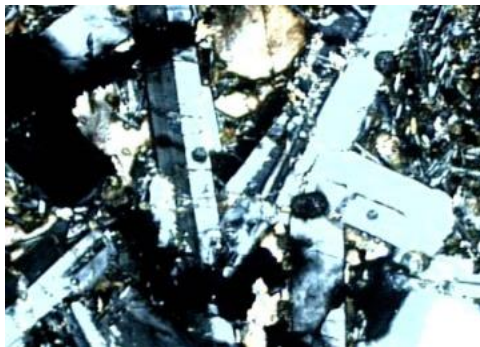
L'ordre de cristallisation global des diverses phases minérales pourrait s'établir comme suit : **Opaques → olivine → Clinopyroxène → plagioclase → Amphibole**

4. Pétrographie des laves de la Basse Tafna

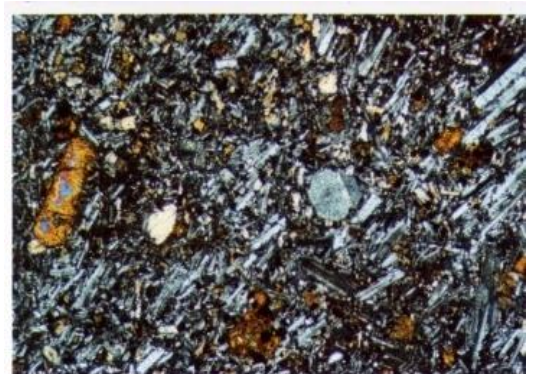
L'étude pétrographique des divers produits volcaniques de la Basse Tafna a mis en évidence six groupes pétrographiques différents, notés B1 à B6, présentant chacun ses propres caractères pétrographiques.

Elle a permis également d'établir d'une part une corrélation entre les différentes émissions et d'autre part leur chronologie de mise en place.

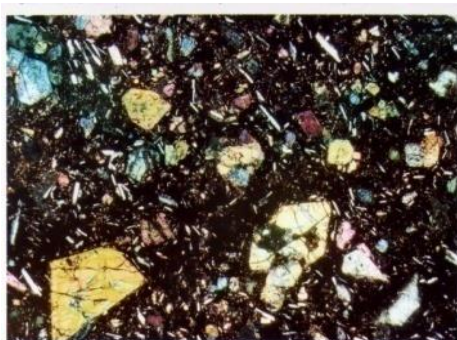
Les résultats de l'étude pétrographique des roches volcaniques de la Basse Tafna sont consignés dans (**fig.11a et 11b**)



Coulée inférieure
du groupe B1



Coulée inférieure à analcime
du groupe B3



Coulée Supérieure
du groupe B2

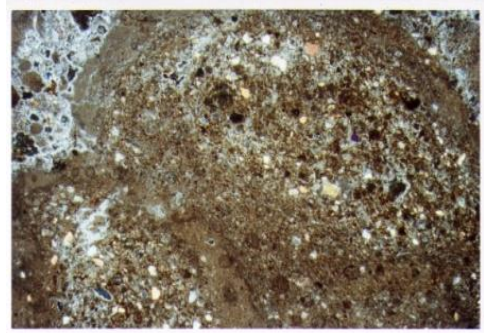


Coulée moyenne
du groupe B3



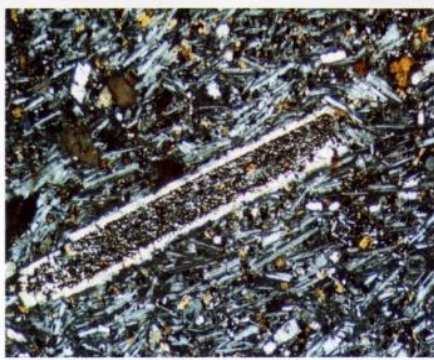
Coulée inférieure

Du groupe B3



Tufs à lapilli accretionnaires du

fort Belinsi du groupe B4



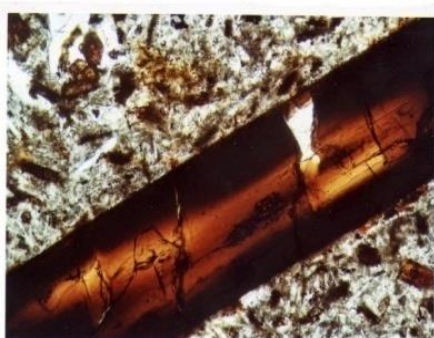
Phénocrystal de pyroxène

Epigénies du groupe B5



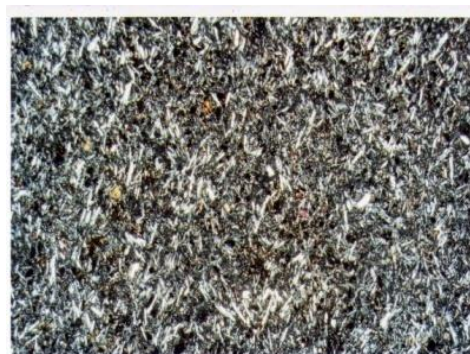
coulée à phénocristaux

d'orthose du groupe B6



Coulée à xenocristaux

D'amphibole du groupe B6



coulée sommitale

du groupe B6

Fig.11a: pétrographies des coulées basaltiques de la Basse Tafna (Bendoukha 2008)

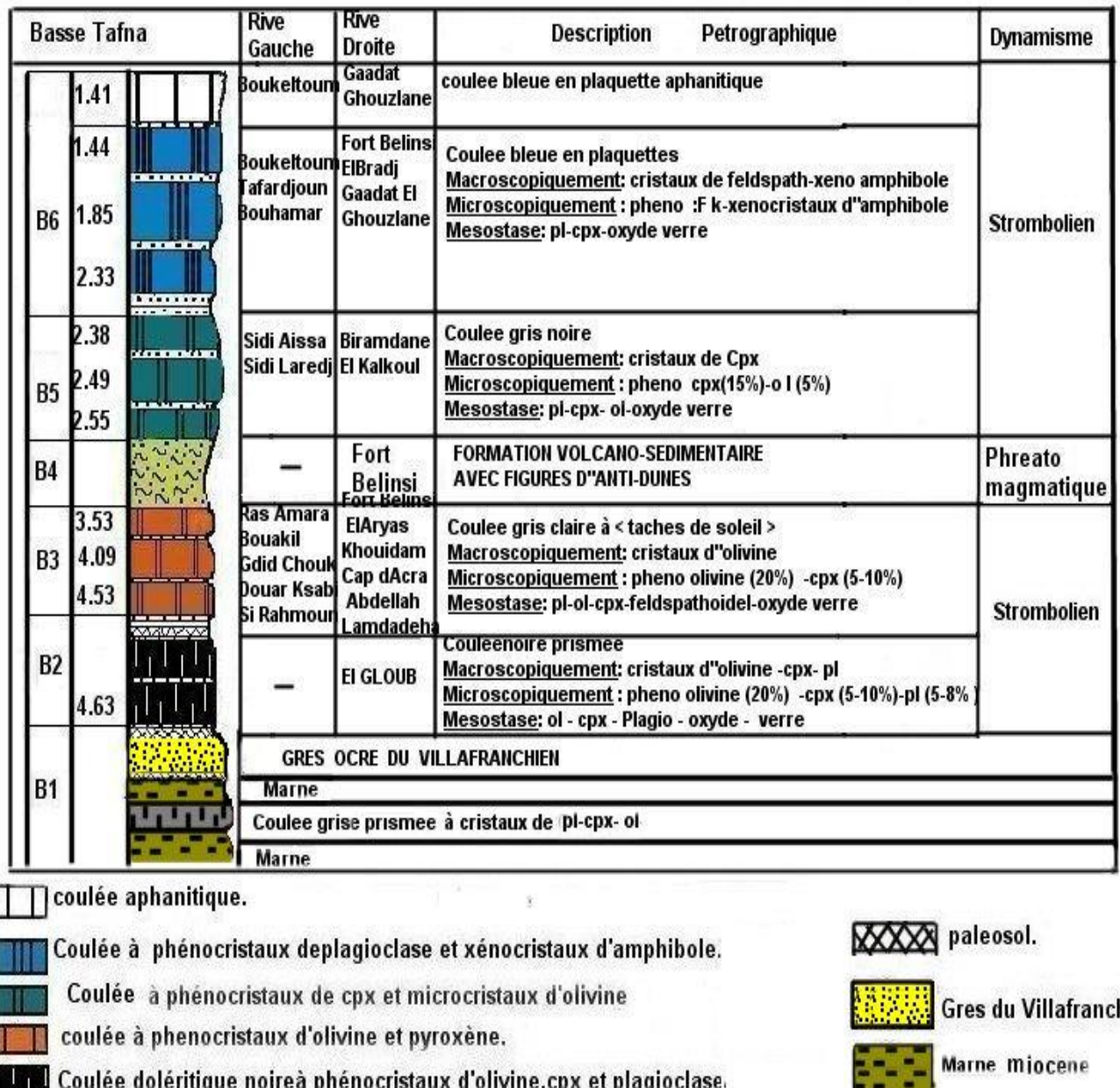


Fig.11b: Position stratigraphique des produits éruptifs de la Basse Tafna (Bendoukha 2008)

• Conclusion

L'étude pétrographique des différentes laves basaltiques de la Basse Tafna a mis en évidence :

- Le groupe B1 est représenté par une seule coulée miocène. La roche est prismée et riche en cristaux de pyroxène et d'iddingsite
- le groupe B2, représenté au volcan d'El Gloub est caractérisé par 2 coulées noires et

- primées, renfermant une abondance de phénocristaux d'olivine de grande taille, de Clinopyroxene et de plagioclase.
- le groupe B2 englobe les coulées gris-noires à « tâches de soleil ». ces laves montrent une texture microlitique-porphyrique et renferment une quantité moins importante de phénocristaux de néphéline, d'apatite et d'analcime.
- le groupe B3 renferme uniquement les produits pyroclastiques, notamment les tufs à lapillis, les tuffites, les cinérites, les pisolithes, les tufs à lapillis accretionnaires « le spatter-cônes » et les blocs basaltiques fichés. es produits volcano-sédimentaires sont émis par le centre éruptif le Fort Belinsi.
- le groupe B4 correspond à des coulées gris-bleues à texture microlitique-porphyrique. Elles renferment une grande abondance de Clinopyroxene frais ou altérés, de plagioclase et quelques olivines plus ou moins iddingsitisées.
- le groupe B5 englobe les coulées blues à texture microlitique-porphyrique, renfermant des phénocristaux de feldspath des microlites de Clinopyroxene, d'olivine et de xénocristaux d'amphibole.

La coulée sommitale montre une texture aphyrique.

L'étude globale de l'ensemble de ces dépôts éruptifs montre une évolution minéralogique nettement marquée depuis la coulée basale jusqu'à la coulée sommitale.

Ainsi nous voyons progressivement le pourcentage et la taille des phénocristaux d'olivine et du Clinopyroxene diminuer.

La roche devient plus claire et plus riche en microlites.

Ce schéma pourrait correspondre à l'évolution d'une série volcanique dans le cadre d'une hypothèse de **cristallisation fractionnée**.

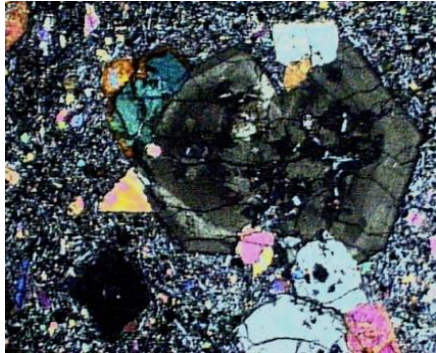
L'ordre de cristallisation global des diverses phases minérales pourrait s'établir comme suit :

Opaques → olivine → Clinopyroxene → amphibole → orthose → analcime.

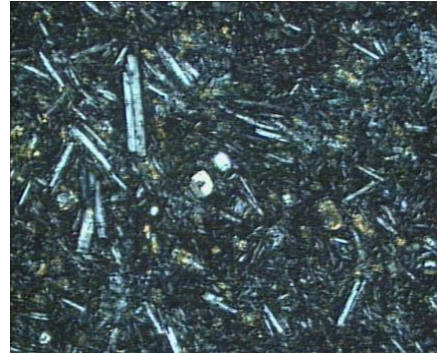
5. Pétrographie des produits éruptifs du massif d'Aïn Témouchent

L'observation macroscopique et microscopique de l'ensemble des dépôts volcanique d'Aïn Témouchent permet de les subdiviser en grands groupes de produits éruptifs notés T1-T2 - T3 et T4. Notre étude pétrographique se fera depuis les produits les plus anciens jusqu'aux plus récents.

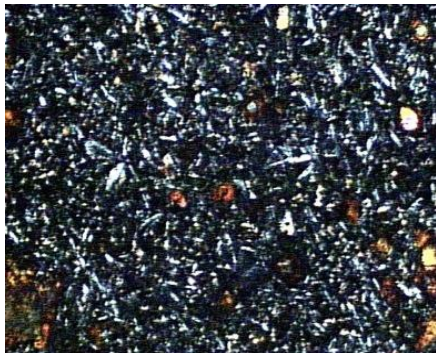
Les résultats de l'étude pétrographique des roches volcaniques d'Ain Temouchent sont consignés dans la (Fig. 12a et 12b)



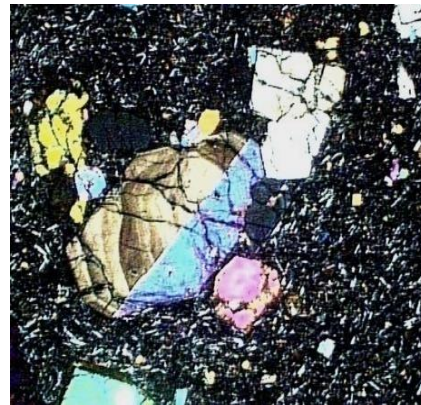
Coulée inférieure
du groupe T2



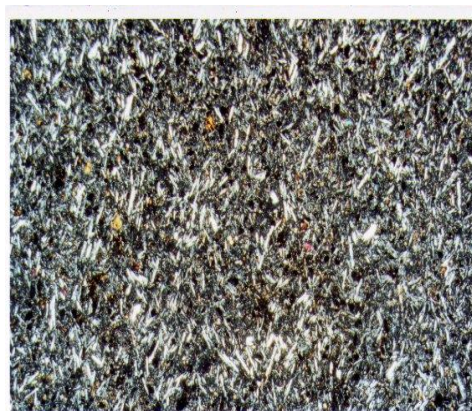
Coulée supérieure
du groupe T4



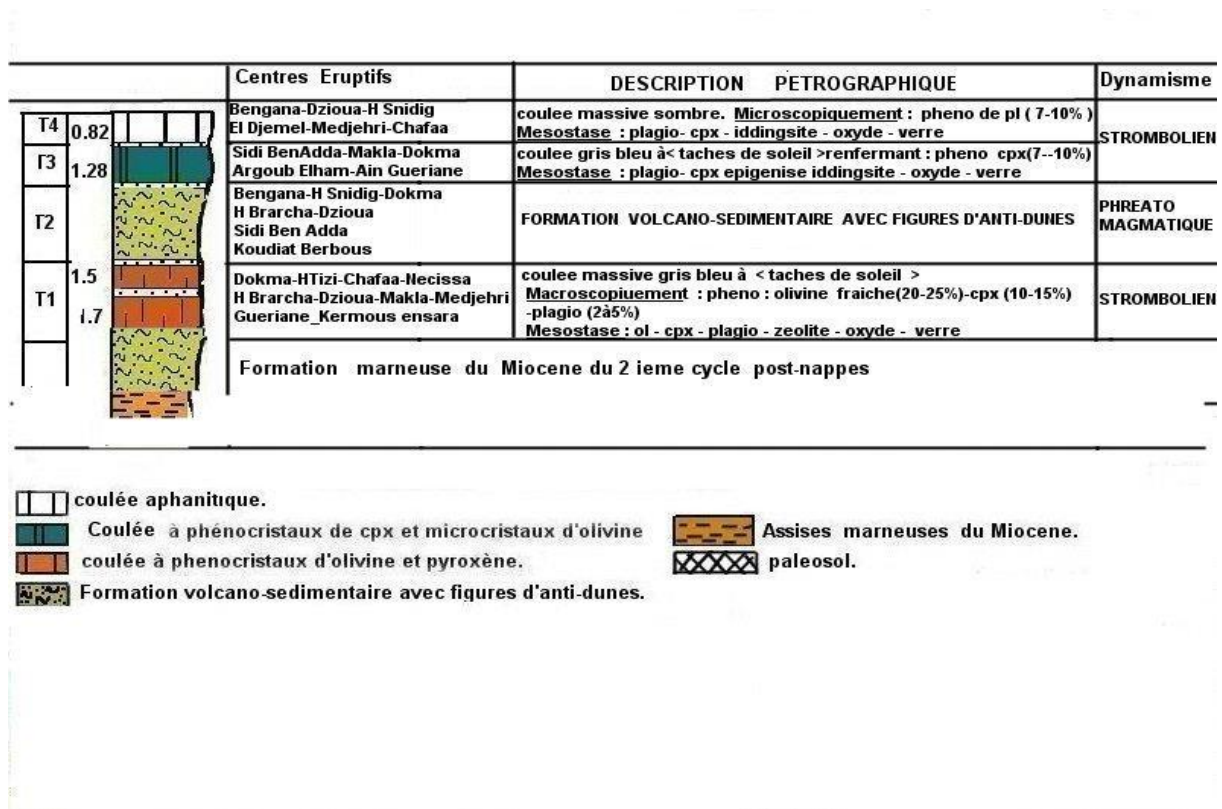
Coulée supérieure
du groupe T2



coulée inférieure
du groupe T3



Coulée inférieure du groupe T4

Fig.12a : pétrographie des coulées basaltiques de Massif d'Ain Temouchent (**Bendoukha 2008**)**Fig.12b** : Position stratigraphique des produits éruptifs du massif d'Ain Temouchent (**Bendoukha 2008**)

Conclusion

L'étude pétrographique des produits volcaniques du massif d'Aïn Témouchent, révèle 4 grands groupes se distinguant entre eux par la nature et la constitution des émissions.

Les groupes T1 et T3 sont formés uniquement de dépôts volcano-sédimentaires comprenant des tufs à lapillis, des tuffites, des cinérites et des tufs à lapillis accréionnaires associés à des pisolithes, des gouttes de cendres pisolithiques et des balles de boue.

Ces dépôts présentent de figures d'anti-dunes, des traces d'impact et des blocs basaltiques fichés.

L'analyse séquentielle de ces dépôts révèle 23 séquences du 1^{er} ordre, témoignant chacune d'une éruption volcanique de déferlantes basales.

Les groupes T2 et T4 comportent au plus deux coulées basaltiques à texture microlitique porphyrique à la base et microlitique au sommet.

Ces laves sont caractérisées par la présence de cristaux d'olivine, de clinopyroxène de plagioclase, de néphéline, d'oxyde opaque et de verre volcanique.

L'ordre de cristallisation global des diverses phases minérales pourrait s'établir comme suit :

Opaques → olivine → Clinopyroxene → feldspath

6. Conclusion de l'étude pétrographique

La rive droite de la Moyenne Tafna révèle une lave dacitique et 2 coulées basaltiques à olivine et Clinopyroxene.

La taille des minéraux diminue depuis la coulée inférieure jusqu'à la coulée supérieure.

Entre autre on note l'apparition de feldspath potassique dans la coulée la plus récente du groupe F4 appartenant au Djebel Fillaoucène.

Ainsi nous voyons progressivement le pourcentage et la taille des phénocristaux d'olivine et du Clinopyroxene diminuer dans le flanc sud du Djebel Fillaoucène depuis le groupe F1 jusqu'à F4 ainsi que dans les coulées d'Ain Romana et Hadjra Kahla.

La roche devient plus claire et plus riche en microlites.

Le massif de Souahlia est représenté par trois groupes de Basalte notés (S1/S3).

- le groupe S1 caractérise des basaltes à phénocristaux d'olivine et cpx.
- le groupe S2 révèle des laves Basaltiques à cpx, plagioclase et quelque enclave enclavée de quartz.
- le groupe S3 montre dans ces Basaltes la présence de cpx, xenocristaux d'amphibole et plagioclase.

Le massif de la Basse Tafna est caractérisé par six groupes de coulées différentes par leur composition minéralogique (**Fig.13**).

- le groupe basaltique B1 comporte une seule coulée basaltique prismée, d'âge miocène (Bendoukha, 2008), renfermant des phénocristaux de clinopyroxène, d'iddingsite et des cristaux de plagioclase
- le groupe B2 correspond à deux coulées, noires et primées, présentant une texture doléritique et une abondance de phénocristaux d'olivine fraîche, de clinopyroxène et de plagioclase ;
- le groupe B3 englobe trois coulées grisâtres à "taches de soleil" montrant des phénocristaux d'olivine et de clinopyroxène ainsi que des microcristaux d'iddingsite, de titanomagnétite et de l'analcime ;
- le groupe B4 renferme uniquement les produits pyroclastiques : des tufs à lapillis, des tuffites, des cinérites, des pisolithes, des tufs à lapillis accréionnaires et des blocs basaltiques fichés ;
- le groupe basaltique B5 correspond à trois coulées gris-bleu à phénocristaux de clinopyroxène frais ou altérés, de plagioclase et quelques olivines plus ou moins iddingsitisées ;
 - le groupe basaltique B6 englobe des coulées bleues à xénocristaux d'amphibole et des phénocristaux de feldspath ainsi que des microcristaux de plagioclase et de minéraux ferro-titanés. La coulée sommitale de ce groupe est aphyrique.

Le massif volcanique d'Ain Temouchent révèle à sa base quatre groupes de basalte et de produits pyroclastiques notés T1 à T4 (**Fig.13**) :

- le groupe T1 renferme des produits pyroclastiques constitués de tufs à lapillis, de tuffites, de cinérites, de pisolithes, de tufs à lapillis accréionnaires et de blocs basaltiques fichés ;
- le groupe T2 comporte deux coulées basaltiques riches en cristaux d'olivine, de clinopyroxène de plagioclase, de néphéline et d'oxydes opaques ;
- le groupe T3 se caractérise par des dépôts volcano-sédimentaires constitués de tufs à lapillis, de tuffites, de cinérites, de tufs à lapillis accréionnaires, de pisolithes, de gouttes de cendres pisolithiques, de balles de boue et de blocs basaltiques fichés ;
- le groupe T4 comporte deux coulées basaltiques caractérisées par des phénocristaux de clinopyroxène, de plagioclase et d'analcime.

La coulée supérieure de ce groupe est aphanitique.

L'ordre de cristallisation des minéraux des basaltes de l'Oranie nord occidentale est le

Suivant : **titanomagnétite → olivine → pyroxène → amphibole → feldspath. → Feldspathoïde**

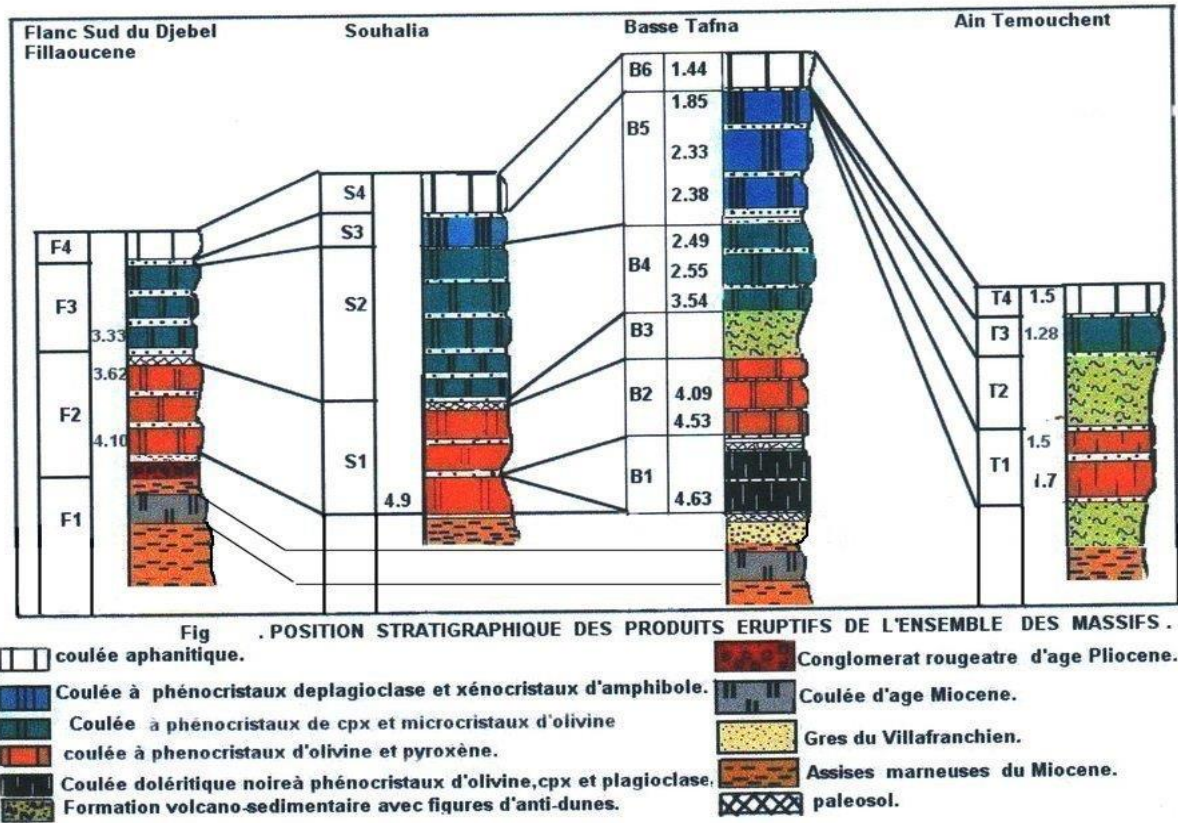


Fig.13 : Position stratigraphique des produits volcanique de l'Oranie nord occidentale. (Bendoukha 2008)

Chapitre IV

CHAPITRE IV : DYNAMISME**1. INTRODUCTION**

L'étude du volcanisme alcalin de l'oranie nécessite une observation particulière des différents produits éruptifs émis dans chacun des massifs.

L'observation sur le terrain de tous ces produits montre que l'ampleur des matériaux effusifs et pyroclastiques diffère d'un massif à un autre.

Ainsi nous remarquons que les produits pyroclastiques recouvrent une grande superficie dans le massif d'Aïn Témouchent, alors qu'ils sont totalement absents dans le flanc sud du Djebel Fillaoucène.

L'étude de ces produits volcano-sédimentaires nécessite plusieurs classifications. Celles-ci permettent de comprendre et d'interpréter le changement du dynamisme au cours d'une activité volcanique et ce d'un massif à un autre ou au sein du même massif.

Ces classifications permettent aussi d'expliquer le mécanisme de mise en place des divers produits pyroclastiques et enfin d'établir une synthèse dynamique de l'ensemble des massifs.

L'étude de ces produits nécessite une attention particulière qui permet la compréhension et l'interprétation du dynamisme des deux rives de la Moyenne Tafna.

2. Dynamisme de la Moyenne Tafna :

- **La rive Droite de la Moyenne Tafna**

L'étude des produits éruptifs ainsi que le levé des coupes à Ain Romana et Hadjra El-Kahla, révèle un dépôt prédominant de produits pyroclastiques (scories brunes, bombes scoriacées, et brèches de coulées) par rapport aux produits effusifs.

Les massifs de Hadjra El-Kahla et Ain Romana ont connu un changement de dynamisme durant leur activité. Ils révèlent dans leur activité volcanique deux dynamismes (**Tab.9**).

- **Le premier épisode**, s'est manifesté pendant le Miocène et a permis la mise en place des laves secteurs de Hadjra El-Kahla et Ain Romana (dacite et coulée basaltique) ainsi que la coulée noire a olivine fraîche du flanc Sud de Djebel Fillaoucène.

La mise en place des produits éruptifs de ce premier épisode volcanique majeur est due aux mouvements compressifs qui se sont déroulés au miocène moyen (Megartsi 1985).

Ce premier épisode volcanique majeur de type strombolien a Ain Romana et Hadjra El-Kahla (Megartsi 1985, Louni 2002) et effusif dans le flanc sud du Djebel Fillaoucène (Bendoukha 2008) a été suivi de l'installation d'un niveau rougeâtre rubéfié qui marque le passage du miocène synchrone nappes qui recouvre l'ensemble de la rive droite et la rive gauche de la Moyenne Tafna au Plio-Quaternaire (Guardia 1975).

Ce niveau conglomératique rougeâtre de 30 cm d'épaisseur sert de repère (passage du miocène au Plio-Quaternaire) que l'on retrouve même dans le massif volcanique de Souhalia (Bendoukha 2008).

Ce dernier est d'abord suivi d'un réajustement isostatique et la mise en place d'un paléoso

En définitive le dynamisme de ce premier épisode est de type strombolien à tendance effusive, caractérisé d'une importante masse de laves avec une petite quantité de produits de projection.

- **Le deuxième épisode**, s'est déroulé au Plio-Quaternaire, après la mise en place d'un niveau conglomératique d'âge Pliocène

Il est caractérisé par un dynamisme de type strombolien dans les deux rives de la Moyenne Tafna.

Ce dernier est suivi premièrement par l'installation d'un paléosol puis l'apparition d'une fracture.

Cet épisode a permis l'arrivée en surface et l'installation des produits volcaniques des massifs de Hadjra El-Kahla et Ain Roman

- **la rive gauche de la Moyenne Tafna**

L'étude géologique et pétrographique du massif Fillaoucène met en évidence **deux grands** épisodes volcaniques majeurs d'âge Mio-Plio-Quaternaire (**Tab.9**).

L'observation minutieuse des différents produits volcaniques émis par les centres éruptifs a permis de reconstituer les différentes étapes qui ont favorisé le déroulement de l'activité volcanique.

- Premier Episode volcanique**

Le premier épisode volcanique majeur de type effusif du flanc sud du Djebel Fillaoucène, s'est manifesté pendant le Miocène.

Il est marqué par l'épanchement de la coulée noire du groupe F1.

Celle-ci s'est mise en place à la faveur d'une fracture qui a permis la montée du magma basaltique entre les assises marneuses du Miocène du 2ème cycle post nappe.

L'absence de produits pyroclastiques indique un dynamisme effusif pour ce premier épisode volcanique majeur.

-Deuxième épisode volcanique

Le deuxième épisode volcanique majeur de type strombolien s'est manifesté après la mise en place du niveau conglomératique rougeâtre d'âge Pliocène (Belkebir et al, 1996)

Ce dernier est d'abord suivi par un réajustement isostatique et installation d'un paléosol puis apparition de fracture qui laisse remonter des produits effusifs et pyroclastiques.

Cet épisode de type strombolien, est caractérisé par des produits de projection (scories brunes et bombes scoriacées) ainsi que les laves basaltiques des groupes pétrographiques F2, F3, et F4.

• Conclusion :

L'étude dynamique de volcanisme de la Moyenne de Tafna révèle deux grands épisodes volcaniques majeurs : (Tab.9)

- Effusif (coulée miocène)
- strombolien (coulée plio-quaternaire)

	Type de dynamisme					
massifs éruptifs	Miocène		Volcanisme Plio-Quaternaire			
	Stromb	Effusif	Strombolien			
	Ages (Ma)					
	8,70Ma	5,16Ma	4,10Ma	3,86Ma	3,62Ma	1,45Ma
flanc Sud de Fillaoucène	Effusif	Effusif	Stromb	Stromb	Stromb	Stromb
Ain Romana	Stromb	Stromb	Stromb	—	—	—
Hadjra El Kahla	Stromb	Stromb	Stromb	—	—	—

Tab.9: Récapitulatif du Dynamisme et âges radiométriques du volcanisme mio-plioquaternaire de la Moyenne Tafna (données de Bellon et Guardia, 1980; Louni, 1995 et Coulon et al, 2002Bendoukha 2008). (Stromb : dynamisme strombolien)

3. Dynamisme du Massif volcanique de Souahlia :

L'observation des formations géologiques faite sur le terrain, ainsi que les différentes coupes réalisées au niveau de chaque appareil volcanique, confirment la présence d'un seul épisode volcanique majeur de **type strombolien (photo.2)**



Photo.2 : Basalte de Douar El Hadjra (Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)

Ce dernier est marqué par la mise en place de produits de projection (bombes scoriacées, scories brunes, cendres volcaniques et des blocs basaltiques) et par l'épanchement de coulées des groupes pétrographiques S1, S2, S3 et S4.,

- **Interprétation dynamique**

L'interprétation dynamique peut se résumer ainsi :

Les compressions qui ont affecté la marge nord africaine et sud européenne durant le Miocène inférieur et moyen, ont été d'abord caractérisées au Miocène supérieur par une période de calme où la mer recouvrait une majorité de Souhalia.

Puis au Pliocène inférieur, une régression marine et un réajustement isostatique ont permis l'installation de paléosol. Pendant cette période, des phases distensives profondes et importantes se

sont déroulées. Les éruptions volcaniques de type strombolien ont permis l'édification des différents centres éruptifs et l'installation de tous les produits volcaniques de Souhalia.

4. Dynamisme du massif volcanique de la Basse Tafna

Introduction :

L'étude géologique et pétrographique des produits éruptifs de la Basse Tafna, ont mis en évidence quatre grands épisodes volcaniques majeurs que nous allons passer en revue successivement.

1) L'épisode effusif du Miocène.

Le premier épisode volcanique majeur, s'est manifesté pendant le miocène dans la rive gauche de la Basse Tafna.

Il est marqué par la mise en place de la coulée prismée à cristaux de pyroxènes et d'olivine (coulée du groupe basaltique B1).

Ce premier épisode de type effusif ne se retrouve nulle part dans la Basse Tafna.

La bouche d'émission responsable de la mise en place de la coulée de ce type de basalte serait en mer.

(photo.3)



Photo.3: Formation des coulées basaltique en mer (Bendoukha 2008)

Cet épisode volcanique majeur de type effusif s'est mise en place à la faveur d'une fracture qui a permis la montée du magma basaltique vers la surface et son installation entre les assises marneuse du Miocène supérieur du 2^{ème} cycle post-nappes.

L'absence de produit de projection confirme le dynamisme effusif pendant le miocène terminal dans la rive gauche de la Basse Tafna.

2) L'épisode inférieur de type strombolien.

Le premier épisode volcanique majeur s'est déroulé entre –2.74 et –2.55 Ma et s'est manifesté en rive gauche dans les volcans de Ras Amara, d'El Gloub, de Bouakil, de Douar Ksabi, de Gdid Chouk, de Sidi Rahmoun et en rive droite par ceux du Khouidam, du Cap d'Acra, du Fort Belinsi, de Kerkour El Aryas et de Sidi Abdallah.

Cet épisode volcanique est marqué par la mise en place de produits de projection (bombes et scories brunes) et par l'épanchement des coulées sombres des groupes pétrographiques B2 et B3 (**Fig.14**). Il est en général de type strombolien.

Le volcan d'El Gloub se différencie par rapport aux autres par la prépondérance des produits effusifs.

Cet épisode se termine par une importante phase de repos soulignée par la présence de paléosols.

3) L'épisode phreatomagmatique.

Le deuxième épisode volcanique majeur est de type phreatomagmatique. Il correspond à la mise en place des produits pyroclastiques de l'ensemble B4 et ce entre – 2.74 et – 2.55 Ma.

➤ Classification des produits pyroclastiques.

Les plus anciennes classifications relatives aux produits pyroclastiques remontent à 1932 (Wenworth et Williams) et 1940 (Blythe.)

Les unités utilisées sont la nature du matériel et sa couleur.

Shatalov et Blokhina (1937) donnent une classification portant sur des mélanges de roches et leurs pourcentages en éléments volcaniques.

- Roches pyroclastiques

100% de fragments pyroclastiques.

- Tuffites.

Pyroclastiques >50%, sédimentaires (épiciastiques) <50%

- Roches tuffogènes

Pyroclastiques < 50%, sédimentaires > 50%.

Fischer (1964) modifie cette classification et la complète en y associant la taille des grains.

(**tab.10**) regroupe leurs principales subdivisions.

Melesi (1976), propose une autre classification granulométrique qui figure dans le (**tab.11**).

Schmidt et al (1981), présentent une nouvelle terminologie en fonction de la nature du dépôt, de sa genèse et de la granulométrie des éléments (**tableau 16**).

Une définition précise des différents produits pyroclastiques y est développée.

Les définitions du matériel pyroclastique utilisé dans notre travail proviennent des classifications de Melesi et al (1976) et de Fischer (1974) complémentaires.

Prédominant Corain size (mm)	Autoclastic	Pyroclastic	Epiclastic	Equivalent non génétique terms
256	Flow Breccia	Pyroclastic Breccia	Epiclastic volcanic Breccia	Volcanic Breccia
64	Autobreccia intrusion Breccia	Agglomerale	Epiclastic volcanic Conglomerale	Volcanic conglomerale
2		Lapillistone	Epiclastic volcanic	Volcanic sandstone
	tuffisite	Coarse	Sandstone	
1/16		Tuff	Epiclastic volcanic Siltstone	
1/256		fine	Epiclastic volcanic claystone	Volcanic claystone

Tab.10: Classification des roches composées de fragments volcaniques (**D'après Fischer, 1964.**)

Taille des éléments de la phase dominante (mm)	Dépôts indurés (phase dominante)
2000 à 200	Brèche (à gros blocs)
200 à 20	Brèche (à petits blocs)
20 à 2	Tuf graveleux (lapillis) Largeur d'une mine à crayon
2 à 0,2	Sable ou tufs sableux (granules) Limite du pouvoir séparateur de l'œil
0,2 à 0,02	Cendres grossières (poussières)
0,02 à 0,002	Cendres fines (poussières)
0,002	Cendres ultra-fines (poussières)

Tab.11 : classification granulométrie d'après (**Milesi (1976)**)

Clast size	pyroclastic déposit	
	Mainly consolidated : tephra	Mainly unconsolidated: pyroclastic rock
Bomb, block.	Agglomerate bed of blocks or bombs, block tephra	
64 mm larger, bed of lapillis or lapilli	tephra	lapillituff.
2 mm		
Coarse ash grain	coarse (ash) tuff.	
	Fine Ash (dust)	fine (Ash) tuff
1/16 mm fine ash grain (dust grain)		

Tab.12: Classification des produits pyroclastiques et la nature des dépôts (d'après Schmidt, 1981).

➤ **Introduction: critères d'identification du phréatomagmatisme.**

Fischer (1964), décrit très brièvement le phréatomagmatisme en insistant sur le mode de dépôt des produits pyroclastiques. Il introduit la notion de tufs.

Moore (1967), entame une étude dynamique et décrit une déferlante basale en le comparant aux figures observées lors d'une explosion nucléaire.

Michael et Sheridan (1971), étudient en détail les cendres volcaniques et donnent une classification des produits pyroclastiques en fonction de la granulométrie des lapillis accréionnaires.

Boucarut et Crévola (1971), décrivent les dépôts de tufs, figures d'anti-dunes, gouttes de cendres pisolithiques et balles de boue.

Camus et al (1974), présentent une étude de détail de deux volcans à dynamisme phréatomagmatique; l'un situé dans la chaîne du Puys, l'autre dans le massif central français. Ils proposent une nouvelle interprétation dynamique de leur origine.

Kieffer (1979), décrit l'explosion phréatomagmatique qui s'est manifestée le 12 septembre 1979 dans le volcan de Bocca- Nuova-Etna, afin de voir le rôle joué par l'eau et la durée de chaque éruption.

Boivin et Gourgand (1979), présentent le synchronisme et dynamisme de type maar provenant de l'activité phréatomagmatique.

Camus (1981), décrit et compare les explosions volcaniques à dynamisme phréatomagmatique observées dans le massif central français; à l'Etna et aux Philippines (volcan du Taal).

Boudon et al (1982); présentent un modèle dynamique d'une coulée lavique à écoulement pyroclastique observé dans le Cantal (Massif Central français).

En définitive, selon tous ces auteurs, les principaux caractères qui permettent de définir une activité phréatomagmatique sont la présence au niveau du volcan (planche 1 en annexe).

- De blocs fichés.
- De figures d'anti-dunes.
- De lapillis accréionnaires
- De gouttes de cendres pisolithiques.
- De trace d'impacts.
- De balles de boue.
- De tufs à lapillis.
- De cinérites.
- De "Spatter cônes".
- D'édifice de type maar.
- De cône de tufs.
- D'anneaux de tufs.
- Des fragments de scories noires dans les niveaux de tufs et de tuffites.

Tous ces éléments sont provoqués par les déferlantes basales lors des explosions phréatomagmatique.

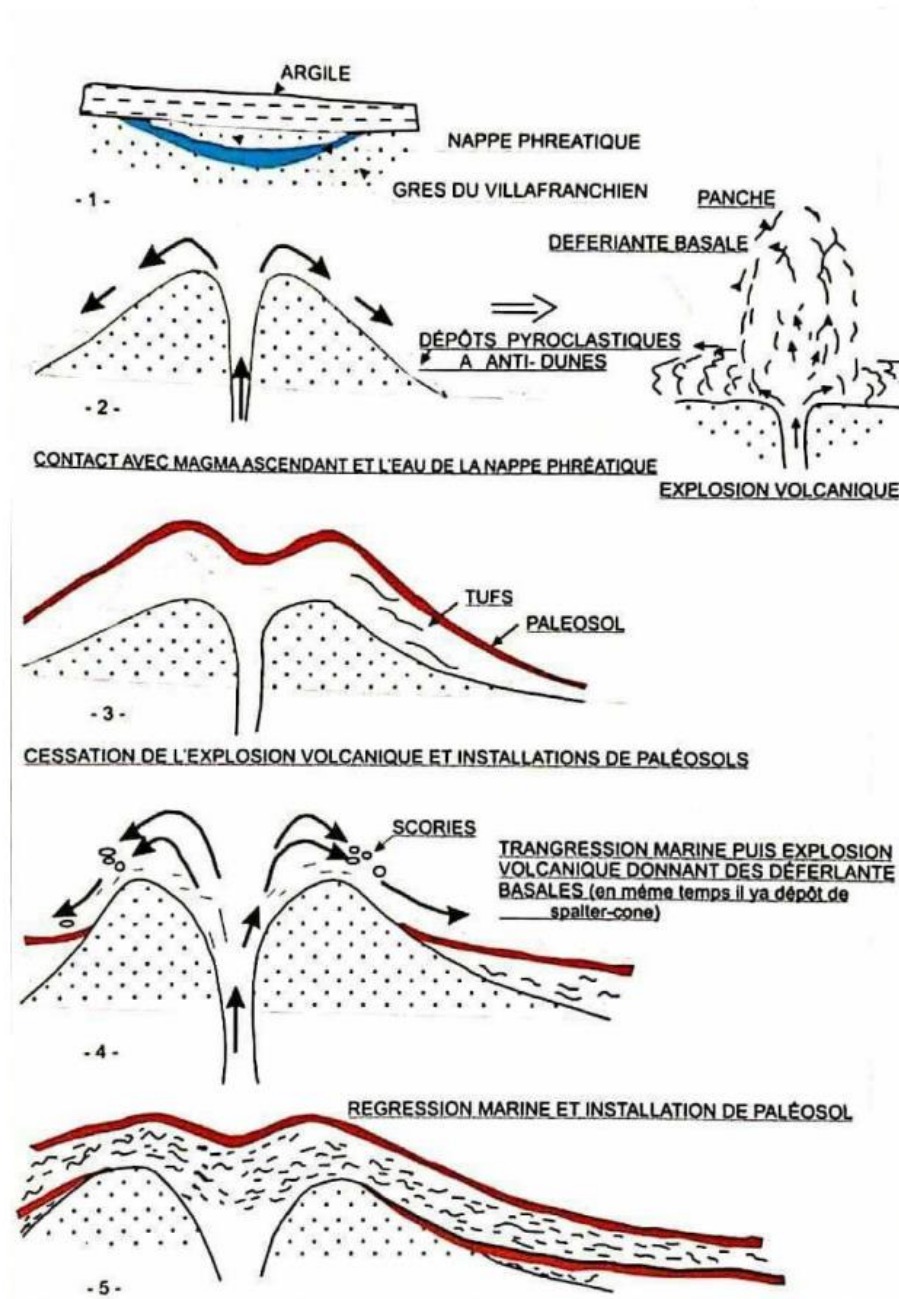
➤ **Interprétation Dynamique et Mécanisme de mise en place des Produits Pyroclastiques.**

Les dépôts volcano-sédimentaires du massif de la Basse Tafna sont ceux émis par le centre éruptif du Fort Belinsi.

Les observations macroscopiques et microscopiques de ces produits pyroclastiques ainsi que leur analyse séquentielle montrent que cet épisode volcanique majeur est de type phréatomagmatique.

Il est en effet caractérisé par un volcanisme à dynamisme très explosif, dans lequel l'eau a joué un rôle important.

Ainsi, les manifestations volcaniques qui sont à l'origine de ces dépôts que l'on retrouve en grande quantité au niveau du maar du Fort Belinsi, ont pu se succéder de la manière suivante (Fig.14).



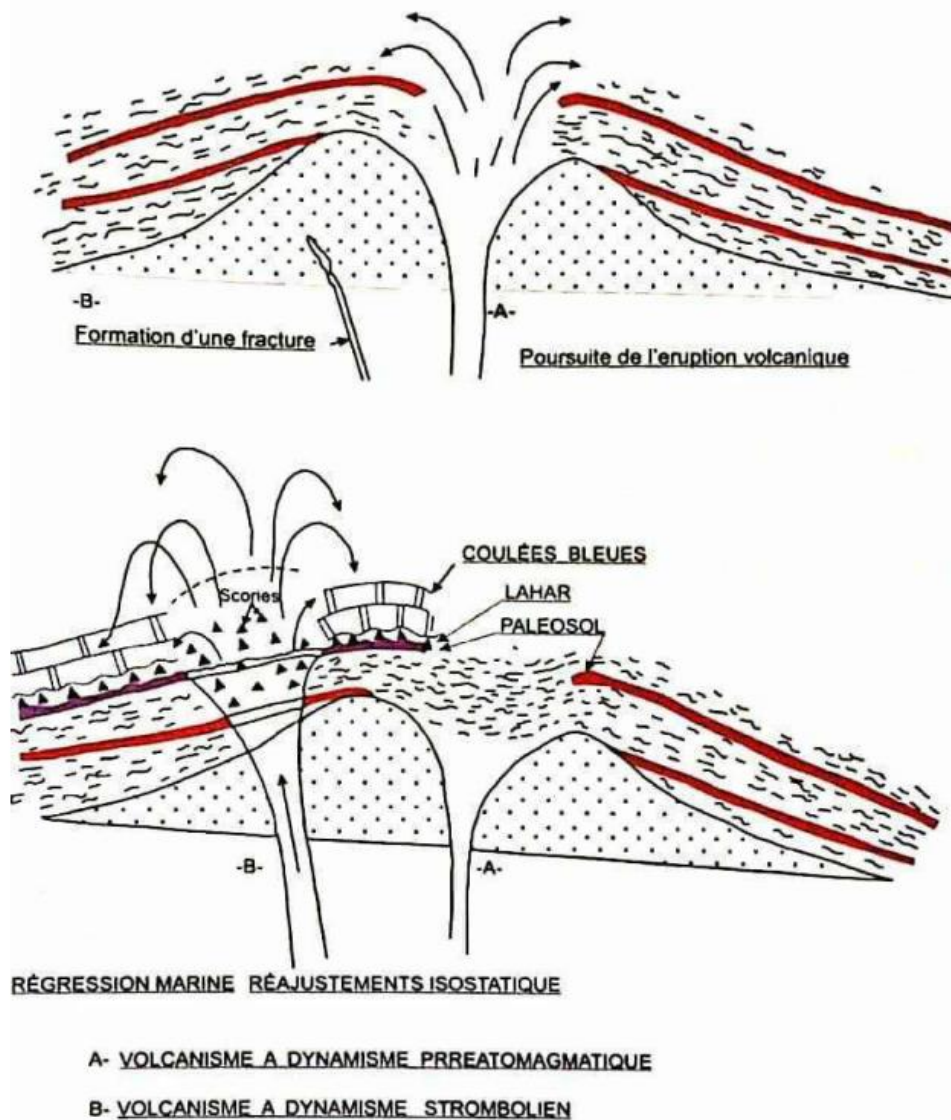


Fig.14:déroulement des éruptions phréatomagmatique dans la Base Tafna (**Bendoukha 2008**)

Le magma, lors de son ascension vers la surface, va rencontrer une nappe phréatique qui occupait probablement les grès du Villafranchien.

La pression de vapeur d'eau qui va alors se développer, provoquera à un certain moment la phase d'explosion.

Les roches sont alors pulvérisées et projetées vers le haut. En même temps qu'un panache chargé de fines particules, de blocs centimétriques à décimétriques et de vapeur d'eau s'élève vers le ciel. L'éruption volcanique se poursuit.

Les explosions grandissent le cratère et se traduisent par un intense brassage des matériaux en profondeur et l'élaboration de mélange de vapeur d'eau et de fragment de roches du substratum gréseux.

Les explosions se poursuivent. La colonne principale du panache s'élève verticalement.

Elle est accompagnée par les projections de scories, de blocs de lave basaltique et de fragments carbonatés (2-10 cm de diamètre) arrachés au substratum d'âge Miocène du 2^{ème} cycle post-nappes.

A la base de la colonne, se développe un nuage en forme d'anneau concentrique, chargé de gaz et d'éjecta (la déferlante basale) qui se déplace horizontalement, à grande vitesse de façon centrifuge, à la manière des ondes provoquées par l'impact d'un objet sur une surface liquide.

Les explosions se poursuivent, d'autres déferlantes basales se forment. Elles ont déposé un matériel volcano-sédimentaire constitué de tufs à lapillis à granoclassement positif.

Ces dépôts montrent des figures d'anti-dunes marquées par la présence des surfaces obliques séparées par des surfaces planes, blocs fichés et des traces d'impacts.

Ces matériaux vont recouvrir de grandes étendues et se retrouvent près de l'aquarium de la ville de BeniSaf en rive droite de la Tafna et le long des falaises jusqu'au volcan de Boukeltoum en rive gauche de la Tafna.

Dans le nuage volcanique qui se déplace, les fines particules suspendues (grains de quartz et ferromagnésiens) vont être soudées par de la cendre volcanique plus ou moins humide, de couleur beige brunâtre et en tombant, forment suivant la taille, les lapilli accréionnaires les balles de boue, les pisolithes et les gouttes de cendres pisolithiques.

Ces explosions ont donné naissance à divers dépôts de formation A (méga séquence inférieure).

Après ces manifestations éruptives intenses, succède une période de calme qui se traduit par la présence d'un paléosol.

Une transgression marine va ensuite provoquer de nouveau la reprise de l'activité volcanique. La lave va entrer en contact avec l'eau de mer.

La formation volcano-sédimentaires va ainsi se mettre en place la présence de bancs de Spatter cône (scories soudées) de 1 m d'épaisseur vers le haut de ce second ensemble qui indique une violente explosion pendant cette éruption (**Fig.14**) .

Une deuxième période de calme va se produire avec une régression marine et installation d'un paléosol à trois horizons.

L'éruption volcanique va reprendre de nouveau après une transgression de la mer et donner lieu à la formation du troisième ensemble de la formation volcano-sédimentaire.

En définitive, les éruptions volcaniques du centre éruptif du Fort Belinsi, étaient violentes. Les dépôts pyroclastiques se sont épanchés sur une grande étendue.

Ils sont constitués de tufs à lapillis, de tuffites, de niveaux pisolithiques, de tufs à lapillis accréionnaires, de cinérites et de spatter côneCes dépôts dessinent dans l'espace la structure d'un maar.

4) L'@pisode sup@rieur de type strombolien

Le quatrième épisode volcanique majeur, auquel sont rattachés les produits effusifs et pyroclastiques des groupes pétrographiques B4, B5 et B6 a débuté de – 2.33 et s'est achevé à – 1.41 ma.

Il s'est manifesté en rive droite de la Tafna dans les centres d'émission du Fort Belinsi, d'El Bradj, d'El Kalkoul, de Biramdane, de Gaadat El Ghouzlane et en rive gauche de la Tafna dans celui de Boukeltoum et de Tafardjoun.

Il est caractérisé par des coulées gris bleutées et coulées bleues à structure en dalles des ensembles B4 et B5, ainsi que par des produits de projection (bombes scoriacées en forme d'amygdale, de taille décimétrique et scorie de couleur brun rougeâtre).

Au volcan du Fort Bélinsi, il est aussi caractérisé par un lahar de 10 à 15 cm d'épaisseur. Ce dernier est constitué de 30% d'éléments grossiers, 60% d'éléments fins et 10% de ciment. La coupe réalisée dans le flanc sud du volcan du Fort Bélinsi (**Fig.15**)

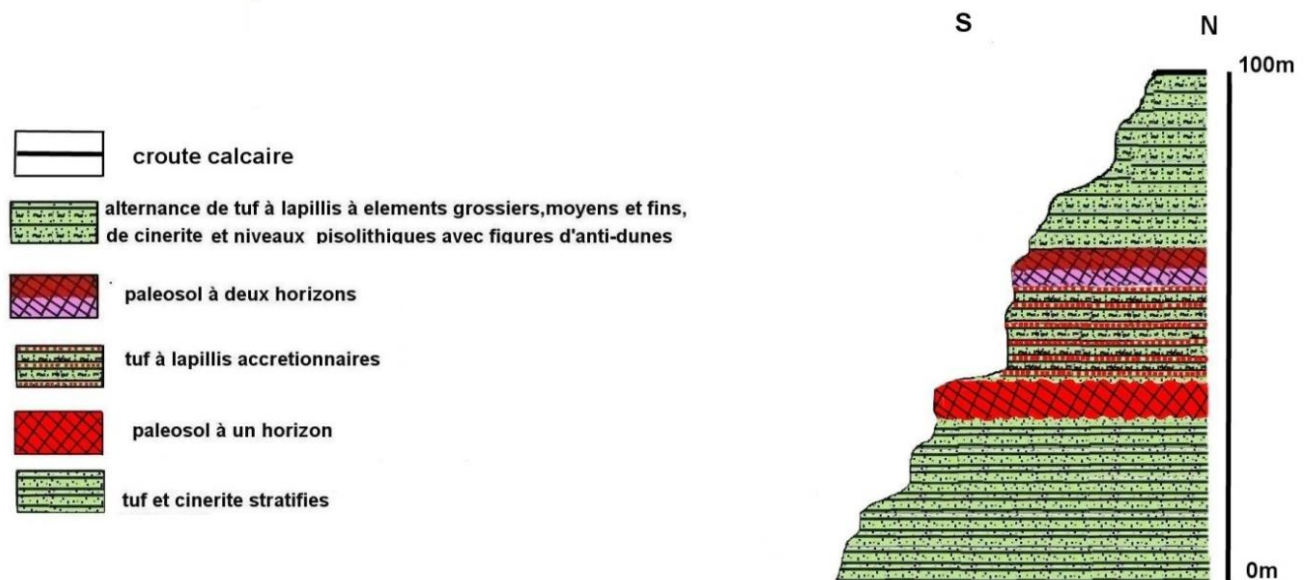


Fig.15 : Coupe du flanc sud du Fort Belinsi (Bendoukha 2008)

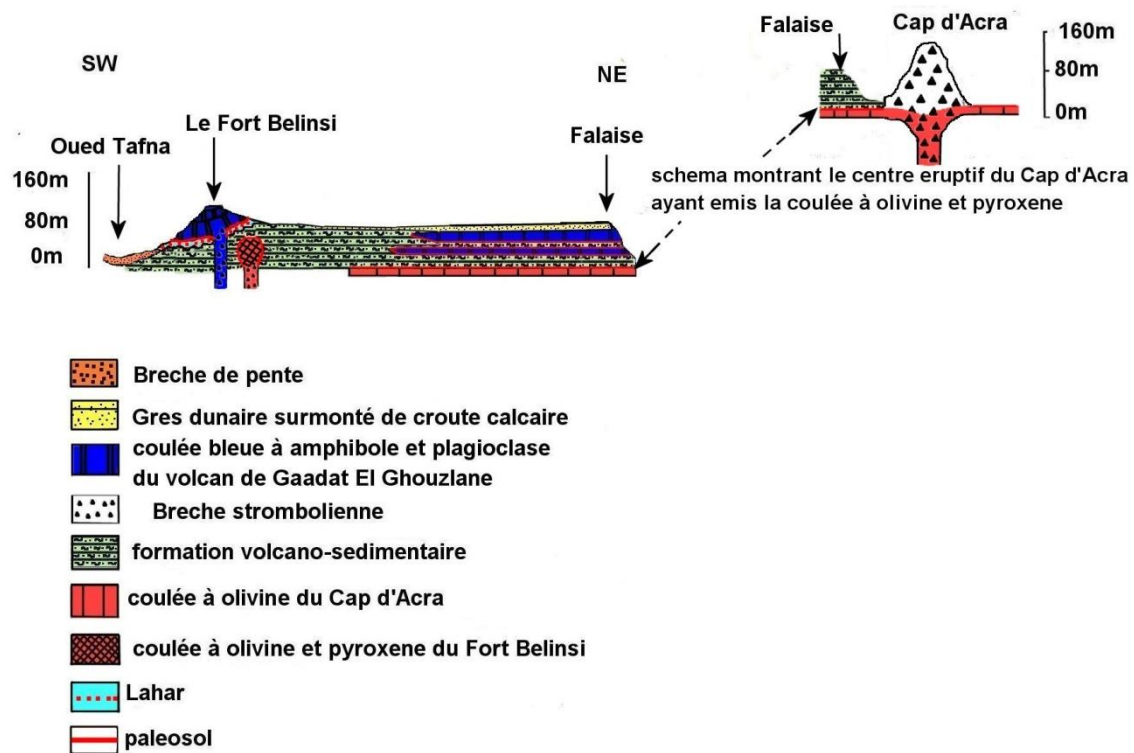


Fig.16 : Coupe reliant le Djebel Lakhmag (Flanc sud du Fort Belinsi) au volcan du Cap D'Acra(Bendoukha 2008)

Ainsi que celle qui le relie à l'île volcanique (Cap d'Acra)) (**fig.16**), montrent le changement du dynamisme de ce même appareil.

Il est devenu strombolien, très explosif.

Ces coupes indiquent aussi la position stratigraphique qu'occupe le lahar par rapport aux coulées et aux produits pyroclastiques.

Ce dernier, ravine la formation volcano-sédimentaire du second épisode, ainsi que le mince niveau de paléosol. En fin, il est recouvert par deux coulées bleues, peu prismée.

A la base du volcan de Sidi Aïssa (rive gauche), on note la présence d'un mince niveau de cendres volcaniques de couleur gris verdâtre indiquant un dynamisme aérien.

En définitive, le quatrième épisode volcanique majeur de type strombolien, s'est manifesté dans plusieurs volcans de la Basse Tafna.

Celui-ci est caractérisé par des produits de projection (scories brunes, bombes, cendres volcaniques, lahar) et effusifs.

Le lahar et les tufs lités du volcan du Fort Belinsi et de Biramdane montrent révèlent le dépôt des produits de projection dans un milieu aquatique représenté probablement par un bras de mer.

Le dynamisme du centre éruptif de Boukeltoum et de Sidi Aïssa, vu la grande quantité de lave basaltique rejetée par ces centres et qui recouvre une grande superficie est de type plutôt effusif.

5. Le Dynamisme du volcanisme d'Ain Témouchent.

L'observation des diverses formations volcaniques, ainsi que l'étude pétrographique, mettent en évidence 4 grands épisodes volcaniques majeurs. **(Fig.17)**.

5)Le premier épisode phréatomagmatique

Le massif volcanique d'Ain Témouchent a connu sa première activité volcanique au Pliocène supérieur (Bendoukha, 2008).

Cet épisode phréatomagmatique **(Fig.17)**, s'est développé suite à la transgression marine qui a affecté la région. Il a mis en évidence des centres d'émission en forme de cône, d'anneau de tuf ou de maar.

Les produits pyroclastiques rejetés sont des dépôts volcano-sédimentaires représentés par des tufs à lapilli à éléments grossiers, moyens et fin, des tuffites, des cinérites, des niveaux de pisolithes et des lapilli accretionnaires, des cendres volcaniques, des balles de boue de 10 à 15 cm de diamètre et des blocs fichés.

Ces dépôts montrent des figures d'anti- dune de 2 voir par endroit 4m d'amplitude témoignant de violentes explosions volcaniques avec des déferlantes basales.

6) L'épisode strombolien inférieur.

Le deuxième épisode volcanique majeur qui s'est manifesté au massif d'Aïn Témouchent**(Fig.17)**, a pris naissance à partir de -1,7 et s'est achevé vers - 1.5Ma (Bellon et Guardia, 1980).

Cet épisode très explosif est représenté dans la partie orientale du massif d'Ain Té mouchent par les centres de Hamar Brarcha, Dokma, Hamar Tizi, El Medjehri, Douar Chafaa, Necissa, Hammar Karmous en Sara et dans la partie occidentale par les volcans de Dzioua, Berbous, Aïn Guerriane et Hamar El Makla.

Cet épisode de type strombolien est caractérisé par les coulées gris noir (notées T3) à phénocristaux d'olivine et pyroxène ainsi que par les produits pyroclastiques telles que les scories brunes, brèches et les bombes volcaniques.

L'activité volcanique de cet épisode se termine par une période de calme, traduite par l'installation de paléosol d'un seul horizon rougeâtre indiquant un milieu aérien.

7) Le second épisode phreatomagmatique.

Le dynamisme du troisième épisode volcanique majeur est de type phréatomagmatique s'est développé entre – 1.5 et 1.28 Ma (Coulon et al, 2002) .L'épaisseur de cette formation volcano-sédimentaire, ainsi que les grandes superficies qu'elle recouvre, montre que le contact entre le magma ascendant et l'eau apportée par la transgression marine qui s'est déroulée à cette époque était important.

Contrairement à la structure de maar observée dans le volcan Fort Belinsi, situé dans la Basse Tafna, les dépôts volcano-sédimentaires dessinent dans le massif d'Aïn Té mouchent des structures d'anneaux de tufs et de cône de tuf.

Cet épisode est représenté par les centres éruptifs de Benghana, Hamar S 'Nidig, Dokma, Hamar Bracha ainsi que par le Dzioua, Sidi Ben Adda et Koudiat Berbous.

Le contact entre le magma ascendant et l'eau, lors de la transgression marine a donné naissance à des dépôts pyroclastiques constitués essentiellement de tufs à lapillis à éléments grossiers à la base, moyens et fins au sommet, ainsi que des niveaux de tuffites, de cinérites ondulées, des bancs de lapillis accréionnaires des balles de boue et gouttes de cendres pisolithiques.

Cette formation volcano-sédimentaire compte **23 séquences** élémentaires, caractérisant chacune une éruption volcanique de type phréatomagmatique.

Ces dépôts pyroclastiques présentent des figures d'anti-dunes marquées par des bancs de cinérite ondulée, soit par des stratifications obliques séparées par des surfaces planes.

Ces figures sont interprétées, comme étant le résultat d'un dynamisme phréatomagmatique, où les déferlantes basales étaient violentes et importantes (Fischer, 1967 ; Michael et Sheridan, 1997 ; Boucarut et Crevola, 1972; Bendoukha, 1987). Ces dépôts dessinent dans le Dzioua ainsi que Benghana un anneau de tuf et à Dokma un cône de tuf. Ces deux types de structure diffèrent entre eux par :

l'épaisseur, la consolidation et l'angle des lits de tufs ;

- la prépondérance des figures d'anti-dune ;
- le pendage des strates ;
- le diamètre du cratère.

Les principaux caractères qui permettent de définir la présence d'un anneau de tufs sont:

- les angles des lits de tufs sont faibles et compris entre 0° et 10° ;
- les lits de tufs à lapillis sont faiblement consolidés ;
- les lits ont une épaisseur moyenne de 1 à 7 cm ;
- la prédominance des lits ondulés avec figures d'anti-dunes et fréquente ;
- les matériaux constitutifs de l'anneau de tufs contiennent moins de 10% d'élément du substratum ;
- Les strates présentent un pendage centrifuge, à la manière des ondes provoquées par l'impact d'un objet sur une surface liquide.

L'installation de la formation volcano-sédimentaire de cet épisode s'est réalisée de la manière suivante : En remontant vers la surface, le magma basaltique rencontre l'eau ramenée par la transgression marine qui s'est effectuée à cette époque. La chaleur dégagée par la lave va transformer l'eau en vapeur.

L'augmentation de la pression de vapeur d'eau va provoquer une violente explosion. Il en résulte l'ouverture du cratère et l'élève ment vertical d'un panache chargé de fines particules, de blocs arrachés au substratum, des scories et bombes volcaniques.

La colonne de panache s'élève verticalement vers le ciel. Elle est accompagnée par la projection de scorie, des fragments de lave basaltique et du substratum de nature carbonaté. A la base de cette colonne, se développe un nuage chargé de gaz et d'éjecta.

Il représente les déferlantes basales qui se déplacent de manière centrifuge et à très grande vitesse.

Ces nuages vont déposer les produits volcano-sédimentaires qui sont constitués par une alternance rythmique de tufs à lapillis à éléments grossiers, moyens et fins, de cinérites, de cendres volcaniques et de gouttes de cendres pisolithiques, de lapillis accréionnaires, de Tuffites et de balles de boue.

L'ensemble de ces dépôts montre un granoclassement positif et de nombreuses figures d'anti-dunes avec des blocs basaltiques fichés ainsi que des traces d'impacts.

Selon l'ouverture du cratère et selon la vitesse de propagation des fines particules suspendues dans le panache et dans les nuages de la déferlante basale, ces dépôts dessinent des structures de cônes de tuf ou d'anneaux de tuf.

Dans le massif d'Aïn Téouchent, les structures d'anneaux de tuf occupent une grande place et ce sont eux que nous avons rencontré dans la majorité des cas.

L'analyse séquentielle détaillée de ces produits pyroclastiques prise dans le flanc sud-est du volcan de Benghana, a relevé 23 éruptions assez violentes à déferlantes basales.

La fin de cet épisode volcanique phréatomagmatique est marquée par l'arrêt du magma ascendant, ainsi d'une régression marine puis d'un réajustement isostatique et enfin d'une installation de paléosol, témoin d'une émergence.

8) L'épisode strombolien supérieur.

Le quatrième épisode volcanique majeur est de type strombolien (**Fig.17**). Cet épisode s'est déroulé entre – 1.28 et – 0.82 Ma. Il marque la fin des éruptions volcaniques dans l'Oranie nord occidentale.

Il est représenté par les centres d'émission de Benghana, Dzioua, Hammar Ank El Djemel, Hamar s'nidig, Hamar Dokma, El Medjehri, Douar Chafaa, Sidi Ben Adda, Dokma, Koudiat Berbous, Argoub El Ham, Aïn Guerriane et Hammar Makla.

Les laves rattachées à cet épisode sont de couleur gris-claire. Les coulées inférieures referment des cristaux de pyroxène de plagioclase, alors que celles du sommet sont aphanitiques.

Les produits pyroclastiques qui le caractérisent sont des bombes volcaniques et des brèches scoriacées de couleur brun rougeâtre.

En définitive, le volcanisme d'Ain Témouchent présente 4 grands épisodes volcaniques majeurs.

- Un épisode inférieur de type phréatomagmatique
- Un épisode moyen de type strombolien.
- Un épisode moyen de type phréatomagmatique.
- Un épisode supérieur de type strombolien.

Les dépôts volcano-sédimentaires recouvrent une grande étendue et dessinent le plus souvent des anneaux de tufs. L'édification de la formation volcano-sédimentaire s'est établie à la suite de **23 éruptions** de déferlantes basales en une seule fois, contrairement à celle de la Basse Tafna qui a été édifiée en 2 moitiés au volcan du Fort Bélinsi (rive droite de la Tafna)

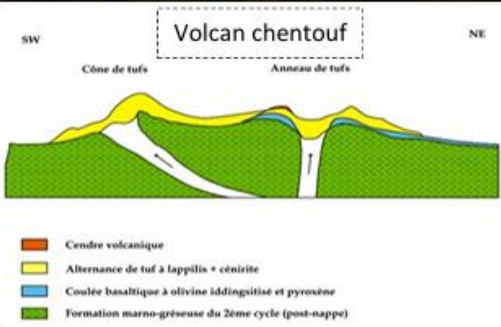
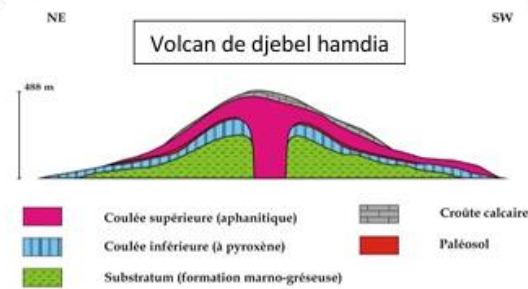
- L'épisode supérieur de type strombolien est caractérisé au massif d'Ain Témouchent par des produits effusifs (coulées à pyroxène et coulée aphanitique) et pyroclastiques (scories brunes et bombes scoriacées).

Le changement du dynamisme dans le massif d'Ain Témouchent est régi par les fluctuations marines marquées par des transgressions et régressions marines, suivies de réajustement isostatique et installation de paléosols.

Beaucoup de centres d'émission ont changé de dynamisme durant leur activité volcanique.

	Massif volcanique		Description Pétrographique
	Chentouf	Ain temouchent	
0,82			Coulée massive sombre. Microscopiquement : pheno de pl (7-10). Mésostase : plagio - cpx - iddingsite - oxyde - verre volcanique.
1,28			Coulée gris bleu à taches de soleil renfermant : pheno de cpx (7-10). Mésostase : plagio - cpx épigénèse - iddingsite - oxyde - verre volcanique.
			Formation volcano-sédimentaire avec figure d'anti dunes.
1,5			Coulée massive gris bleu à olivine altéré en iddingsite.
1,7			Coulée massive gris bleu à taches de soleil. Microscopiquement : olivine (20-25) /cpx (10-15) - plagio (2à5) mésostase : ol - cpx - plagio - oxyde - verre volcanique.
			Formation volcano-sédimentaire avec figure d'anti-dunes.
			Formation marneuse du miocène du 2eme cycle post nappes.

Tab 13: Position stratigraphique des produits éruptifs des massifs Chentouf et Ain Temouchent (Bendoukha, Razem, Ridel 2024)

		Exemple des volcans	Dimension des structures volcaniques	Produits emis
Massif volcanique	Ain temouchent		600m	Formation volcano-sédimentaire
			800m	Formation volcano-sédimentaire
	Chentouf		600m	Coulée basaltique et formation volcano sédimentaire
			488m	Coulée basaltique et formation volcano sédimentaire

Tab14: Montrant les structures volcaniques du massif d’Ain temouchent et de Chentouf (Bendoukha, Razem, Ridel 2024)

6. Synthèse dynamique.

L'observation des diverses formations volcaniques ainsi que la cartographie et l'étude pétrographique de l'ensemble des produits éruptifs ont permis de lever un log stratigraphique détaillé au niveau de chaque massif et de présenter un essai de corrélation entre les différentes venues volcaniques.

L'étude minutieuse des différents produits volcaniques émis par les centres éruptifs a permis de reconstituer les différentes étapes qui ont favorisé le déroulement de l'activité volcanique.

Les corrélations établies entre les diverses coulées basaltiques à l'intérieur de chaque massif éruptif ainsi que celles établies entre les laves d'un massif à un autre ont permis d'expliquer la mise en place de ces produits ainsi que le changement du dynamisme.

L'installation de toutes les formations volcaniques de l'ensemble des massifs a été établie en **10 épisodes correspondant chacun à un type de dynamisme**

Afin de mieux éclaircir et d'expliquer le changement du dynamisme qui s'est produit au cours de l'histoire géologique du volcanisme alcalin Plio-Quaternaire de l'Oranie, nous avons tenu compte des âges radiométriques au K/Ar de Belon et Guardia (1980) ainsi que les résultats de l'étude pétrographique de tous les produits éruptifs de l'ensemble des massifs (**Fig.17**).

- Le premier épisode volcanique majeur qui s'est développé dans l'Oranie nord occidentale a débuté dans la rive droite de la Moyenne Tafna (massif AIn Romana et Hadjra El Kahla) ainsi que dans le flanc sud du Djebel Fillaoucène et la rive gauche de la Basse Tafna.

Il est caractérisé par l'émission de la coulée noirâtre à pyroxène, olivine et plagioclase. Le dynamisme de cet épisode est de **type effusif**.

- Après une accalmie au miocène terminal, cet épisode est suivi par une transgression marine qui a favorisé l'installation d'un niveau conglomératique rougeâtre au Pliocène (Belkebir et al 1996) dans le flanc sud du Djebel Fillaoucène.
- L'activité volcanique a repris au Pliocène inférieur dans le flanc sud du Djebel Fillaoucène et s'est poursuivie vers -4.9Ma dans le massif de Souhalia puis vers (-4.63 Ma) dans la Basse Tafna (Bellon et Guardia, 1980).
- Ce second épisode est représenté par un ensemble de centres d'émission de forme conique ou de dôme dont le sommet est occupé par des produits de projection (scories brunes, bombes scoriacées,

bombes basaltiques et brèches scoriacées de couleur rougeâtre) et coulées basaltiques à olivine et pyroxène.

Dans la partie occidentale de l'Oranie. Un dynamisme **de type strombolien** s'est alors développé dans ces massifs durant cette période Pliocène.

- l'arrêt de l'activité volcanique Pliocène est marqué dans ces massifs par l'installation de paléosol.
- Après une transgression marine qui a affecté vers (-2.74Ma) le massif de la Basse Tafna et celui d'Ain Temouchent. L'activité volcanique s'est poursuivie dans ces 2 massifs. Un dynamisme de type **phreatomagmatique** s'est développé.

Il est caractérisé par des centres d'émission en forme de maar ; de cône ou d'anneau de tufs. Les produits rejetés sont des dépôts volcano-sédimentaires représentés par des tufs, des tuffites, des cinérites, des pisolithes et des lapillis accretionnaires.

Ces dépôts montrent des figures d'anti-dune témoignant de violentes explosions volcaniques avec des déferlantes basales.

- L'arrêt de l'activité volcanique dans le massif de la Basse Tafna et celui d'Ain Temouchent accompagnée d'une régression marine, suivie d'un réajustement isostatique, a favorisé l'installation de paléosol qui ravine le niveau sous-jacent.
- Un autre **épisode de type strombolien** représenté par un ensemble de centres d'émission de forme conique ou de dôme scoriacé a affecté le flanc sud du Djebel Fillaoucene, le massif de Souhalia et celui de la Basse Tana.
- Cet épisode a permis la mise en place des coulées à pyroxène et plagioclase et ou amphibole dans le flanc sud du Djebel Fillaoucene le massif de Souhalia et celui de la Basse Tafna.
- Vers (-1.7Ma), le massif d'Ain Temouchent a connu une activité volcanique marquée par la mise en place de centre d'émission en fore de dôme ou de cône scoriacés et des dépôts de projection tels que (les scories brunes, bombes scoriacées, bombes basaltiques et brèches scoriacées de couleur rougeâtre) ainsi que les coulées basaltiques à olivine et pyroxène. Un **dynamisme strombolien** s'est mis en place dans ce massif.

Il s'est poursuivi jusqu'à (-1.5Ma) (Bellon et Guardia, 1980).

- Après une brève accalmie suivie d'une transgression marine, **l'activité phreatomagmatique** a de nouveau repris dans ce massif.

Elle s'est étalée jusqu'à (-1.28 Ma). Elle a favorisé la mise en place d'autres centres éruptifs en forme d'anneau ou de cône de tufs et des dépôts volcano-sédimentaires.

- Au quaternaire à partir de (-1.28Ma), après le réajustement isostatique et la régression marine, l'activité volcanique a permis, à un **épisode strombolien** de se développer.
- Il est caractérisé par l'édification des derniers volcans en forme de cône ou de dôme scoriacé qui ont rejeté les coulées à sanidine. Ainsi qu'à des produits de projection.
- L'Oranie a connu sa dernière activité volcanique vers -0.82Ma (Coulon, 2002) dans le massif d'Ain Temouchent.

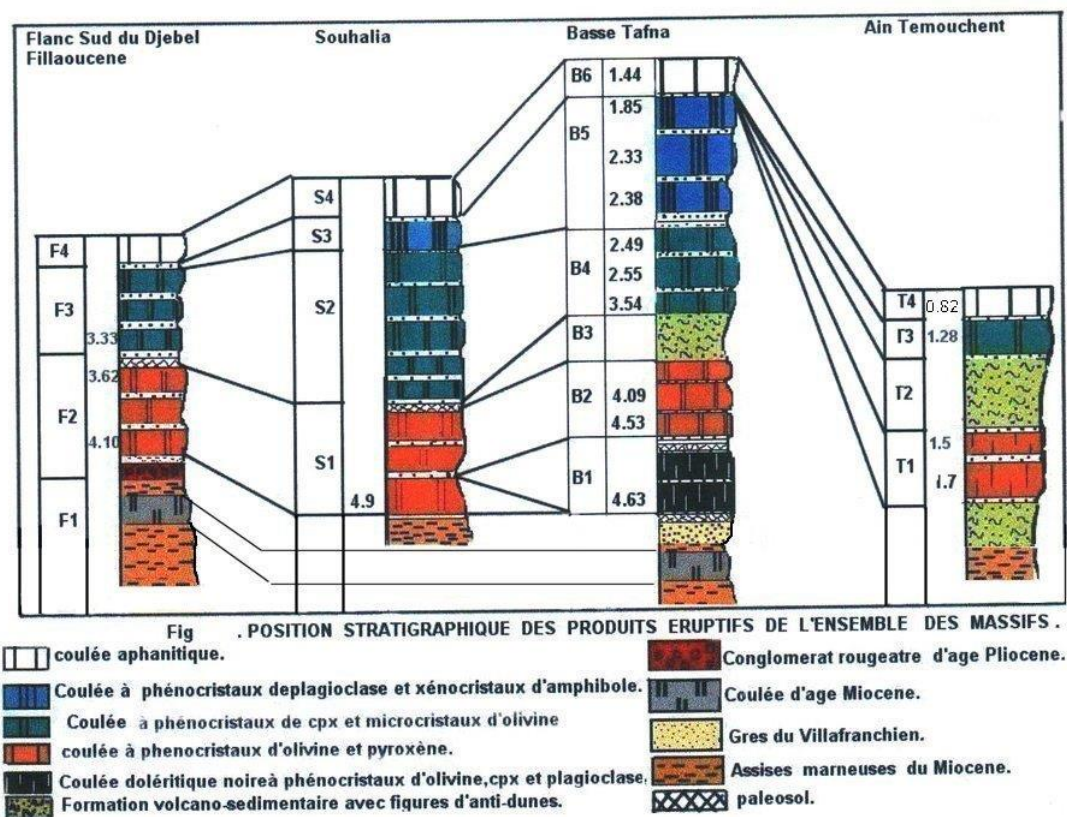


Fig.17:Position stratigraphique des produits éruptifs de l'ensemble des massifs (Bendoukha 2008)

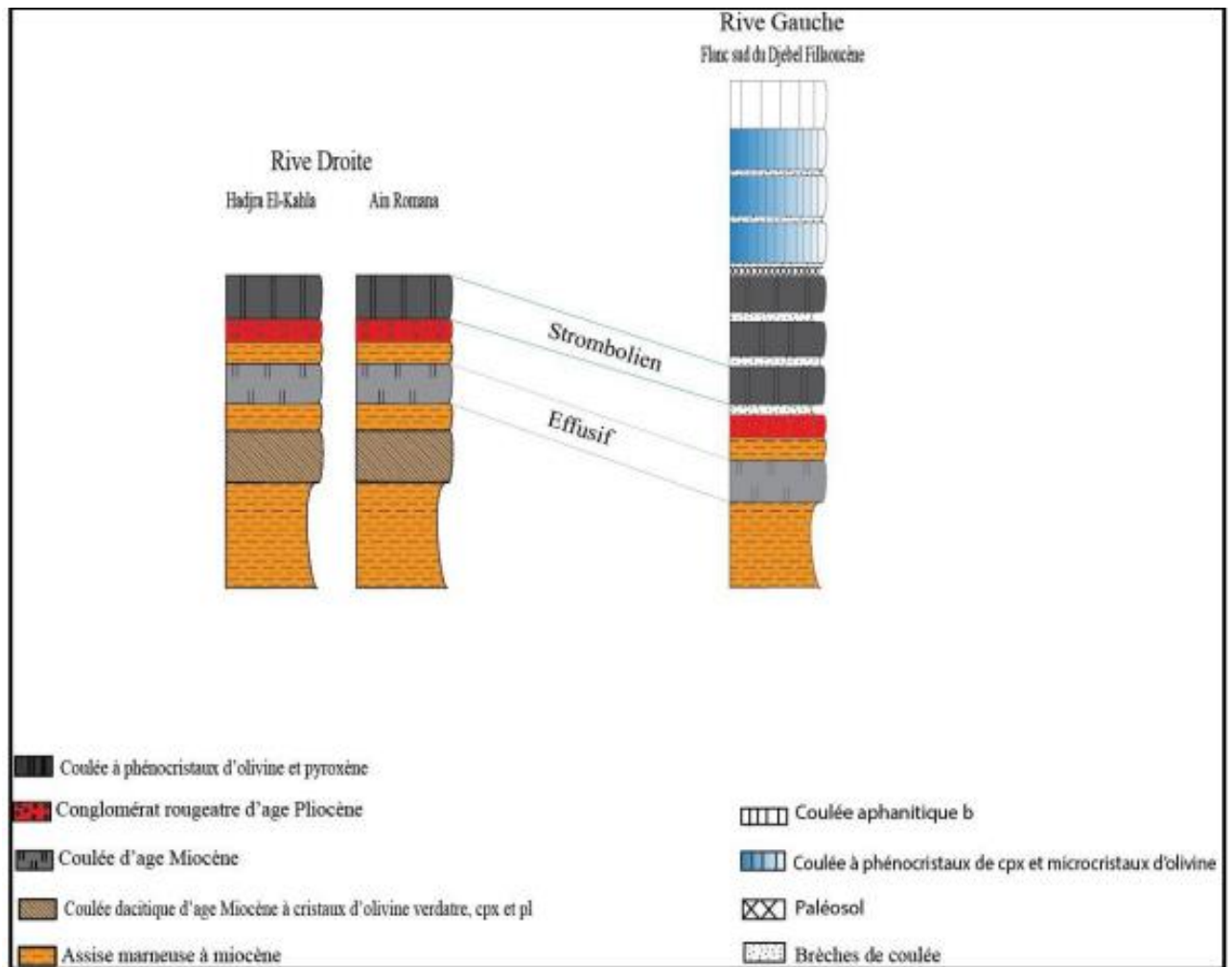


Fig.18 : Position stratigraphique et corrélation dynamique des produits volcaniques de la Moyenne Tafna (A. Mrabet 2023).

Type de dynamisme									
massifs éruptifs	Volcanisme Miocène		Volcanisme Plio-Quaternaire						
	Effusif	Strombolien				phreato	Stromb	Phreato	Stromb
	Ages (Ma)								
	8,7	5,16-4,10	4,9-2,74	3,86 -2,12	2,55-1,41	2,74-2,55	1,7-1,5	1,5-1,28	1,28-0,82
flancsud Djebel Fillaoucene	Effusif	Stromb	—	Stromb	—	—	—	—	—
Rive droite Moyenne Tfna	stromb	stromb	stromb						
Souhalia	—	—	Stromb	Stromb	—	—	—	—	—
Basse Tafna	Effusif	—	Stromb	—	Stromb	Phreato	Stromb	—	—
Ain Temouchent	—	—	—	—	—	phreato	Stromb	Phreato	Stromb

Phreato : dynamisme phréatomagmatique

Stromb :dynamisme strombolien

Tab.15 : Dynamisme et âges radiométriques du volcanisme alcalin plio-quaternaire de l'Oranie (données de Bellon et Guardia, 1980 ; Abbad, 1993 ; Louni, 1995 et Coulon et al, 2002)

Chapitre V

CHAPITRE V : Géochimie**1. Introduction**

L'étude des caractéristiques géochimiques des basaltes d'Oranie nord-occidentale a nécessité l'utilisation des données de roches totales de Megartsi (1985), de Bendoukha (1987), d'Abbad (1993), de Tabeliouna (1997), de Coulon et al. (2002) et de Louni (2002) complétées par de nouvelles analyses que nous avons obtenues auprès du Laboratoire de Pétrologie Magmatique de la Faculté St-Jérôme de Marseille, au C.R.P.G. ainsi qu'à l'Ecole des Mines de Saint-Étienne.

Les éléments majeurs ainsi que Rb, Ba, Sr, Co, Cu, Ni, V et Zn ont été dosés par absorption atomique. Toutes les données analytiques (éléments majeurs et traces) sont consignées dans les.

Pour répondre au souci de représentativité et de qualité des analyses, le choix des échantillons a été rigoureux.

Nous n'avons effectivement pris en compte que les laves qui montraient un état de fraîcheur évidente et une faible proportion des minéraux d'altération au niveau microscopique.

Les roches relativement fraîches présentent des pertes au feu qui n'excède pas 4 %. Selon l'importance des laves (étendue, volume), un ou plusieurs échantillons ont été prélevés. Pour chaque groupe pétrographique de chaque complexe éruptif, nous avons considéré un échantillon à la base et un autre au sommet afin de mieux contraindre l'évolution géochimique et minéralogique au niveau chaque massif.

Toutes les données analytiques (éléments majeurs et traces) sont consignées dans les
(Tab16, 17, 18, 19. En Annexe)

2. Distribution des éléments majeurs

Le traitement des compositions chimiques globales de l'ensemble des complexes éruptifs d'Oranie permet la distinction des variations des principaux éléments majeurs.

Ainsi, les teneurs en silice montrent de nettes différences entre les coulées miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucène et celles de la rive gauche de la Basse Tafna ($42,5 \% < \text{SiO}_2 < 44,5 \%$) et les laves plio-quaternaires des Souhalia ($42,7 < \text{SiO}_2 < 50,92$), de la Basse Tafna ($43,45 < \text{SiO}_2 < 53,5\%$), d'Aïn Témouchent ($42,8 < \text{SiO}_2 < 50,8\%$) et du flanc sud du Djebel Fillaoucène ($42,5 < \text{SiO}_2 < 52,8\%$).

Les proportions d'alumine varient globalement, dans les basaltes plio-quaternaires, de 14 à 18,8 % dans les coulées du flanc sud du Djebel Fillaoucène, de 13 à 20 % dans celles de la Basse Tafna et de 15 à 19,7 % dans les roches d'Ain Témouchent. Elles sont, en revanche, plus faibles dans les laves des Souahalia ($12,7 \% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 13,8 \%$).

Dans les basaltes miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Basse Tafna, les teneurs en alumine

Montrent un intervalle plus restreint ($14,9 \% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 17,5\%$) pour l'ensemble de ces deux secteurs.

Le magnésium présente également des différences de concentrations parmi les roches basaltiques plio-quaternaires. Les teneurs oscillent ainsi entre 5,9 et 13,5 % dans les laves du Djebel Fillaoucène, entre 3 et 10,7 % dans les coulées des Souahalia et entre 1 et 8,5 % dans les basaltes de la Basse Tafna.

Les variations les plus importantes sont enregistrées dans les roches d'Ain Témouchent ($1,7 < \text{MgO} < 20 \%$). En revanche, dans les laves miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Basse Tafna, les concentrations en MgO fluctuent entre 5,7 et 6,9%.

Les teneurs en calcium varient entre 8 et 11,6 % dans les roches du flanc sud du Djebel Fillaoucène et entre 7,8 et 12,6 % dans celles des Souahalia.

Il passe de 0,17 à 11,2 % dans les coulées de la Basse Tafna et de 5,8 à 10,5 % dans celles d'Ain Témouchent.

Il atteint une moyenne de 9% dans les laves miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucène et de 11.64% dans celles de la Basse Tafna.

Les proportions de fer total oscillent autour de 8 à 10% dans l'ensemble des coulées plio-quaternaires. Il dépasse légèrement 10 % dans les coulées miocènes.

Le titane varie entre 1.3 et 3.27% dans les roches du flanc sud du Djebel Fillaoucène, entre 1.56 et 3.36% dans celles de Souahalia, entre 1.03 et 3.01% dans les coulées de la Basse Tafna et enfin entre 1.3 et 3.02% dans celles d'Ain Témouchent. Il varie entre 2.5 et 3.14% dans les basaltes miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucène et atteint 3% dans la coulée miocène de la Base Tafna.

Le potassium varie entre 0.6 et 2% dans les coulées du Djebel Fillaoucène, entre 0.66 et 2.58% dans celles de Souahalia.

En revanche il oscille entre 0.91% et 5.82% dans la Basse Tafna et entre 0.29 à 3.23% dans les basaltes d'Ain Témouchent.

Il montre dans la coulée miocène du flanc sud du Djebel Fillaoucène une teneur comprise entre 0.92 et 1.38% et 0.72 dans celle de la Basse Tafna.

Le manganèse varie de 0.06 à 0.2% dans les laves du Djebel Fillaoucène, de 0.02 à 0.19% dans celles de Souhalia, de 0.13 à 7.7% dans les coulées de la Basse Tafna et enfin de 0.14 à 0.23% dans celles d'Ain Témouchent.

Il atteint une moyenne de 0.18% dans les coulées miocènes de la rive gauche de la Basse Tafna et le flanc sud du Djebel Fillaoucène.

Le sodium varie de 2.72 à 4.93% dans les basaltes du flanc sud du Djebel Fillaoucène, entre 1.1 et 4.55% dans ceux de Souhalia. Il montre des variations notables et entre 2.85 et 11.53% dans les roches de la Basse Tafna. Il oscille entre 2.85 et 6.83% dans les basaltes d'Ain Témouchent.

Dans les basaltes miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucène, cet élément fluctue entre 3.36 et 4.6%. Il atteint 3.66% dans la coulée miocène de la Basse Tafna.

En définitive, la distribution des éléments majeurs dans ces roches volcaniques révèle une nette évolution de leur chimisme.

Ainsi au niveau de chaque massif nous avons constaté que les teneurs en MgO, CaO, FeO et TiO₂ décroissent progressivement depuis les coulées les plus anciennes aux plus récentes. Parallèlement, la silice, l'aluminium et le sodium augmentent dans les termes les plus différenciés.

3. Classification et nomenclature des laves moi-plio-quaternaire d'Oranie

La caractérisation des magmas et la nomenclature des roches sont basées sur les éléments majeurs. Pour cela nous avons utilisé différents diagrammes pour préciser la nomenclature des laves des massifs étudiés.

- **Le diagramme de Lemaître**

La projection de l'ensemble des roches dans le diagramme TAS de Lemaître et al. , (1989), **(Fig.19)** révèle une série sodique différenciée : des basanites pour les coulées miocènes de la rive gauche de la Basse Tafna et du flanc sud du Djebel Fillaoucène, des basaltes et des trachy-basaltes pour les laves plio-quaternaires du Djebel Fillaoucène, des basanites et des hawaïtes pour les roches de Souhalia, des picro-basaltes, des basaltes et des hawaïtes pour la Basse Tafna et enfin des basaltes, des basanites et des hawaïtes pour le massif d'Ain Témouchent.

Cette série atteint le terme de phono-téphrites dans le massif de la Basse Tafna. Cette différenciation résulte en grande partie de processus de cristallisation fractionnée d'une série alcaline sodique.

En définitive l'ensemble des échantillons se distribue selon des tendances cohérentes compatibles avec leur appartenance à une même série magmatique

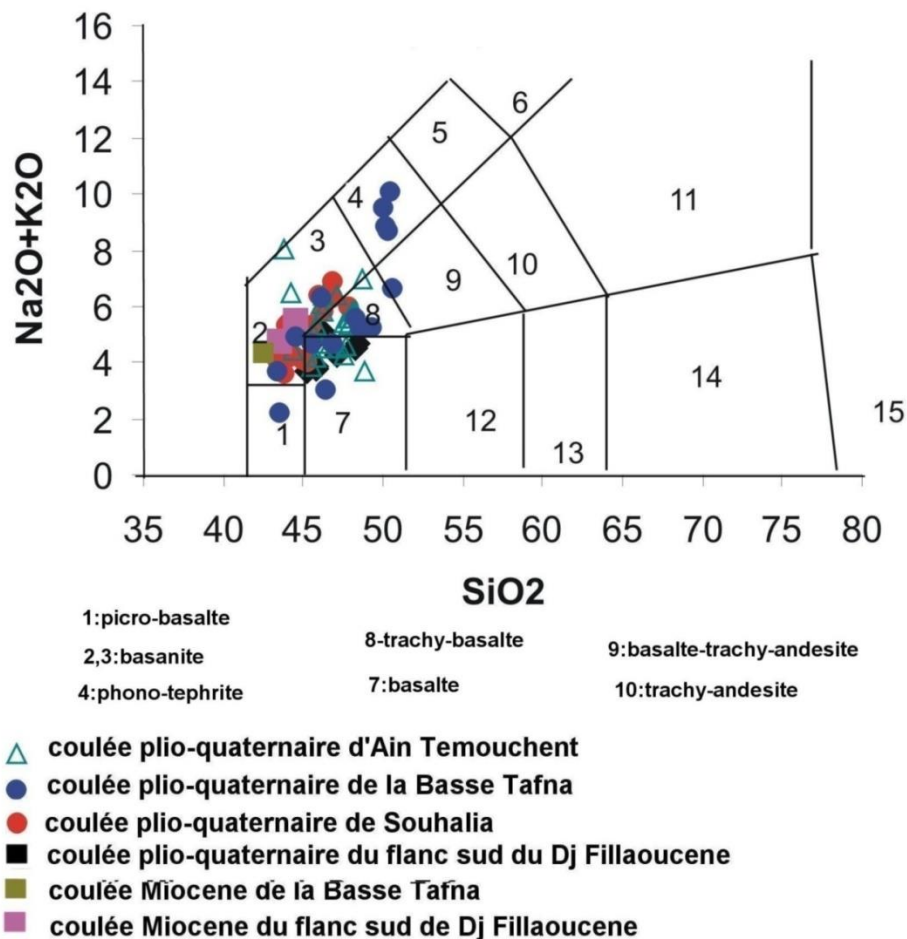


Fig.19: Place des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie nord occidentale dans le diagramme de (Lemaitre et al, 1989).

- **Le Diagramme de Kuno.**

Le diagramme de Kuno (1986) (**Fig.20**) considère la somme ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) comme paramètre discriminant entre les trois grandes séries magmatiques (série tholéitique, calco-alcalines et alcaline). Nous constatons que les laves du Flanc sud du Djebel Fillaoucène et celles du massif de Souhalia sont des roches moyennement alcalines alors que celles du massif d'Ain Témouchent et de la Basse Tafna moyennement à fortement alcalines. Les fortes teneurs en alcalins sont portées par les coulées les plus récentes.

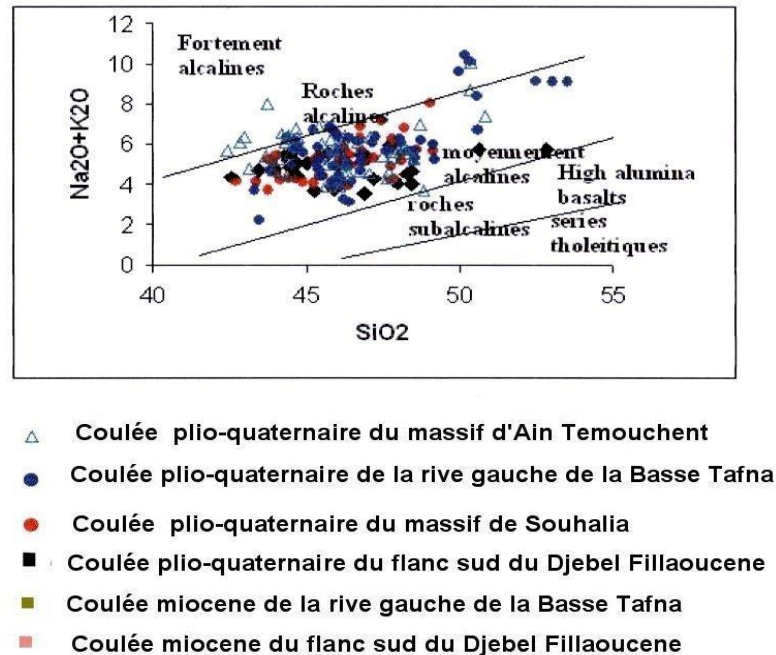


Fig.20 : Distribution de $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ – SiO_2 des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie nord occidentale dans le diagramme de (Kuno 1986).

- **Comportement des éléments majeurs en fonction du rapport $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$**

Les diagrammes indiquant le comportement des éléments majeurs en fonction du rapport $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$ sont portés dans la (Fig.21)

La silice atteint des teneurs élevées dans les coulées plio-quaternaires.

Les plus évoluées de la Basse Tafna. En revanche au sein de ce même massif la coulée miocène montre un rapport $\text{MgO} / \text{MgO}+\text{FeO}$ élevé et une concentration faible en silice.

La chute du magnésium en fonction du rapport $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$ est marquée par la cristallisation de l'olivine, celle du calcium par le fractionnement des minéraux ferromagnésiens, plus particulièrement le clinopyroxène.

Les fortes teneurs en TiO_2 sont portées par les grains d'oxydes que nous retrouvons le plus souvent en interstices ou en inclusions dans les minéraux et qui témoignent leur précipitation.

Le sodium et l'aluminium, augmentent régulièrement depuis la coulée la plus ancienne jusqu'à la plus récente et ce dans l'ensemble des massifs.

Ils sont guidés par la grande quantité de plagioclases présents en microlites ou en phénocristaux dans toutes les coulées.

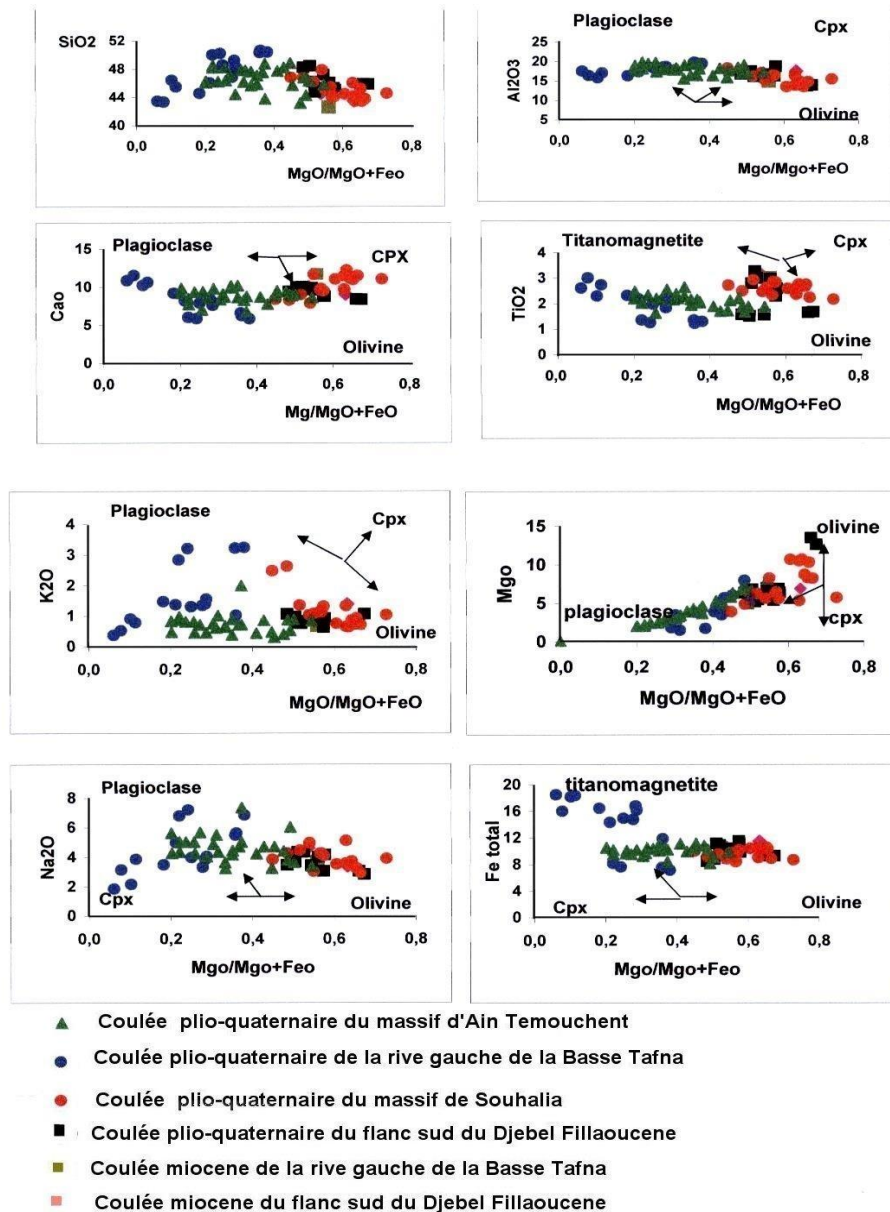


Fig.21: Distribution des éléments majeurs en fonction du rapport $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}$ des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie nord occidentale (**Bendoukha 2008**)

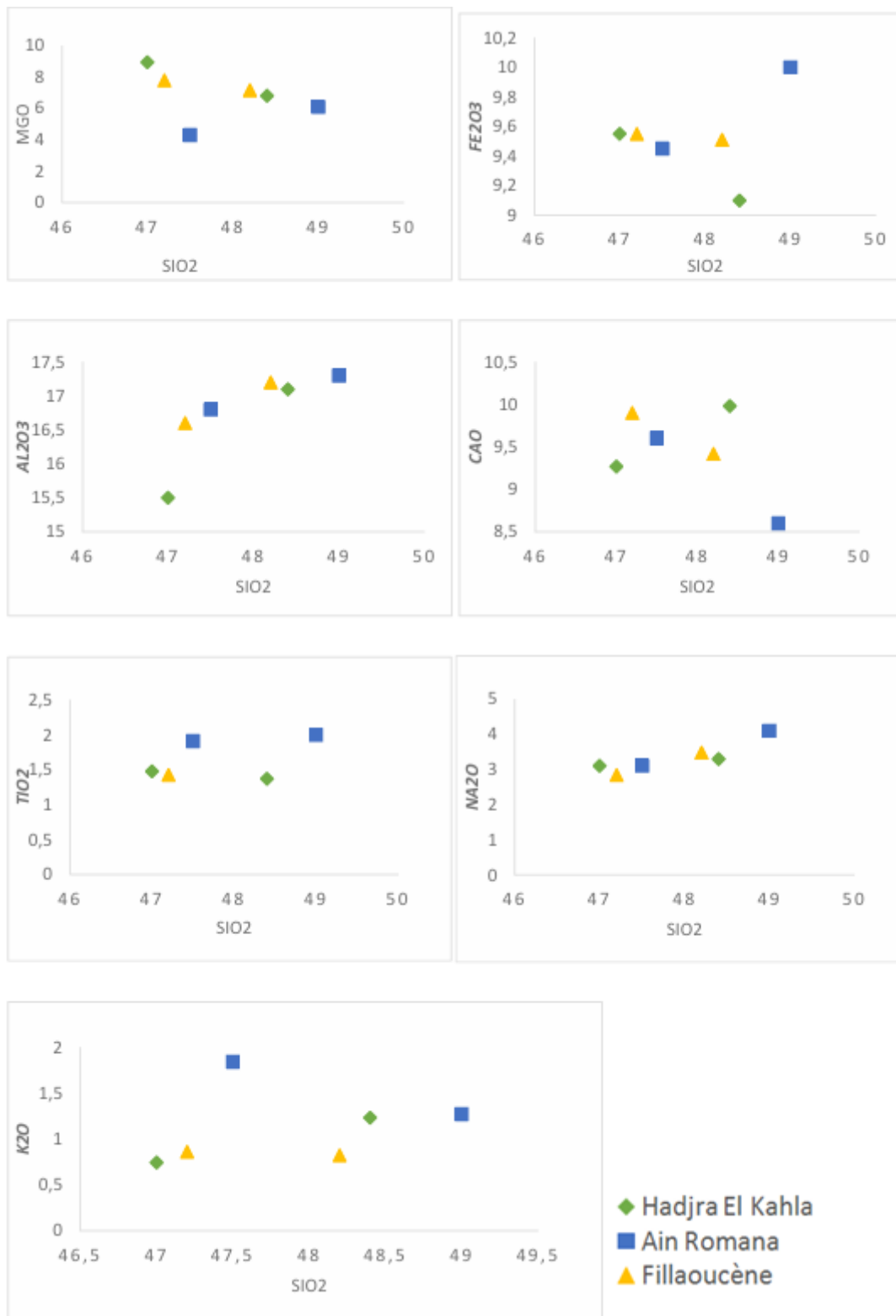
Comportement des éléments majeurs en fonction SiO₂ :

Fig.22 : Comportement des éléments majeurs en fonction de SiO_2 de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna (**Megartsi 1985 et Louni 2002**)

4. Distribution des éléments en traces

Toutes les analyses des éléments en traces ont été réalisées au laboratoire de magmatisme de l'université Saint-Jérôme (Marseille), au CRPJ de Nancy, et au laboratoire de géochimie de l'université de Saint-Étienne (France).

- **Les éléments de transition (V, Cr, Co, Ni)**

Le vanadium varie de 169 et 279 ppm dans les basaltes du flanc sud du Djebel Fillaoucene, entre 185 et 290 ppm dans ceux de Souhalia.

Il montre des variations notables et entre 75 et 364 ppm dans les roches de la Basse Tafna.

Il oscille entre 150 et 304 ppm dans les basaltes d'Ain Temouchent. Dans les basaltes miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucene, cet élément fluctue entre 176 et 184 ppm. Il atteint 180 ppm dans la coulée miocène de la rive gauche de la Basse Tafna.

Le nickel varie entre 33 et 290 ppm dans les roches du flanc sud du Djebel Fillaoucene, entre 19 et 260 ppm dans celles de Souhalia.

Il passe de 3 à 280 ppm dans les coulées de la Basse Tafna et de 7 à 270 ppm dans celles d'Ain Temouchent.

Il atteint une teneur de 42 ppm dans la coulée miocène de la rive gauche de la Basse Tafna et oscille entre 37 et 45 ppm dans les basaltes miocènes du volcan Benzomra (flanc sud du Djebel Fillaoucene).

Le chrome varie entre 97 et 523 ppm dans les coulées du Djebel Fillaoucene, entre 23 et 622 ppm dans celles de Souhalia.

Par contre il débute à partir de 11 et atteint une teneur de 573 ppm dans la Basse Tafna.

Il passe de 21 à 50 ppm dans les basaltes d'Ain Temouchent. Par contre il montre une teneur comprise entre 180 et 210 ppm dans les basaltes miocènes de la basse Tafna et du flanc sud du Djebel Fillaoucène.

Le cobalt oscille entre 38 et 106 ppm dans les laves du Djebel Fillaoucene, entre 28 et 103 ppm dans celles de Souhalia, entre 10 et 150 ppm dans les coulées de la Basse Tafna et enfin entre 29 et 50 ppm dans celles d'Ain Temouchent.

- **Les alcalino-terreux (Ba, Rb et Sr)**

Les variations des teneurs en rubidium sont très restreintes dans les roches du flanc sud du Djebel Fillaoucene (22 à 52 ppm).

Cet élément présente une grande dispersion dans les coulées des autres massifs. Il varie entre 8 et 92 ppm dans les coulées de Souhalia, et passe de 5 à 146 ppm dans les laves basaltiques de la Basse Tafna et de 8 à 67 ppm dans celles d'Ain Temouchent.

Cet élément se concentre essentiellement dans les feldspaths potassiques.

Il tend à s'enrichir dans les laves de fin de cristallisation dans les basaltes miocènes du flanc sud de Djebel Fillaoucene et de la rive gauche de la Basse Tafna, il atteint une teneur de 27 ppm et atteint 552 ppm dans la coulée de la rive gauche de la Basse Tafna et une moyenne.

Le baryum présente des teneurs très variables.

Il oscille entre 234 et 986 ppm dans les laves du Djebel Fillaoucene, entre 713 et 1262 ppm dans celles de Souhalia, entre 588 et 950 ppm dans les coulées de la Basse Tafna et enfin entre 950 et 1853 ppm dans celles d'Ain Temouchent.

L'augmentation des concentrations en baryum en fonction de la silice et plus importante dans les roches de la Basse Tafna et d'Ain Temouchent.

Il atteint 270 ppm dans la coulée miocène de la Basse Tafna et une moyenne variant entre 250 et 290 ppm dans le flanc sud du Djebel Fillaoucene.

Le strontium présente des variations et des teneurs assez importantes ce qui reflète l'importance des minéraux calciques, en particulier le plagioclase dans les basaltes alcalins de l'Oranie.

Il varie entre 700 et 1039 ppm dans les roches du flanc sud du Djebel Fillaoucène, entre 776 et 1129 ppm dans celles de Souhalia, entre 598 et 1640 ppm dans les coulées de la Basse Tafna et enfin entre 800 et 1400 ppm dans celles d'Ain Témouchent. En revanche, cet élément montre des teneurs plus faibles dans les coulées miocènes.

Il comprise entre 470 et 644 ppm dans celle du flanc du Djebel Fillaoucene.

- **Comportement des éléments en traces en fonction du rapport $MgO/MgO+FeO$**

Le nickel diminue très nettement dans les coulées les plus différenciées (**fig.23**). Il confirme la cristallisation de l'olivine.

Les fortes teneurs sont portées par l'olivine des coulées les moins différenciées plus particulièrement celles rejetées par les centres d'émission du flanc sud du Jebel Fillaoucene, de Souhalia et la Basse Tafna.

Les teneurs en chrome et en cobalt chutent nettement dans les termes les plus différenciés.

Les corrélations négatives obtenues pour ces deux éléments confirment le fractionnement du clinopyroxène.

La diminution du vanadium et du cuivre, dans les termes les plus évolués, indique la précipitation des minéraux opaques.

Enfin, les corrélations positives indiquées par le baryum et le strontium montrent le non précipitation des plagioclases.

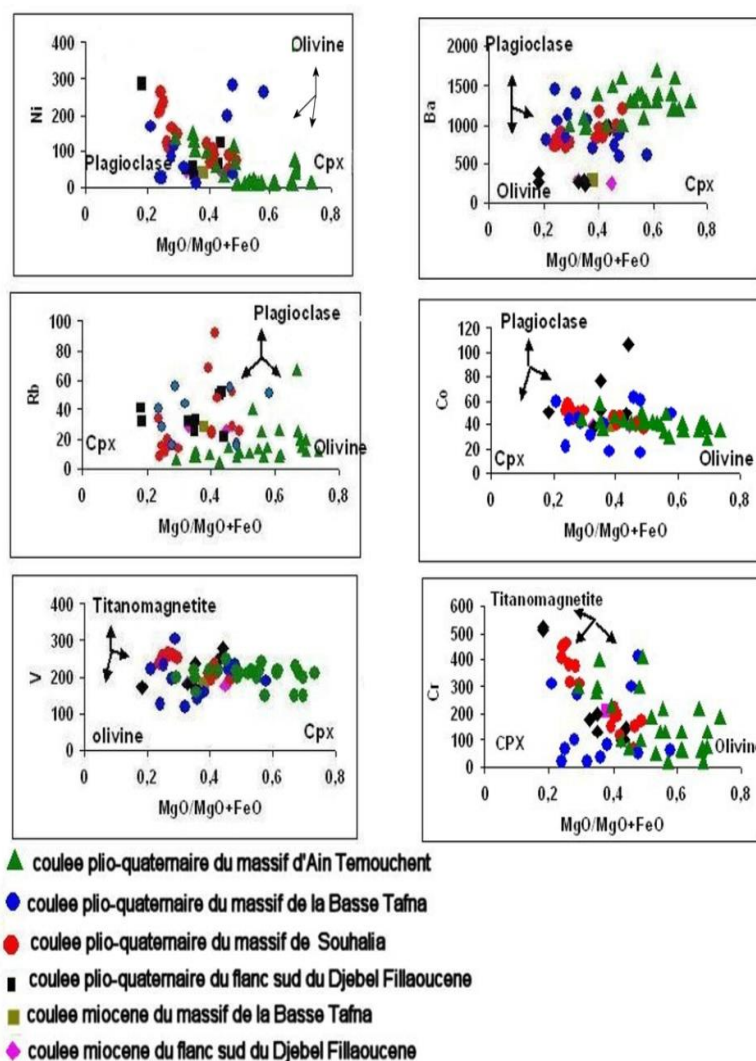


Fig.23:Comportement des éléments en traces en fonction de $MgO/(MgO+FeO)$ des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie nord-occidentale (**Bendoukha 2008**)

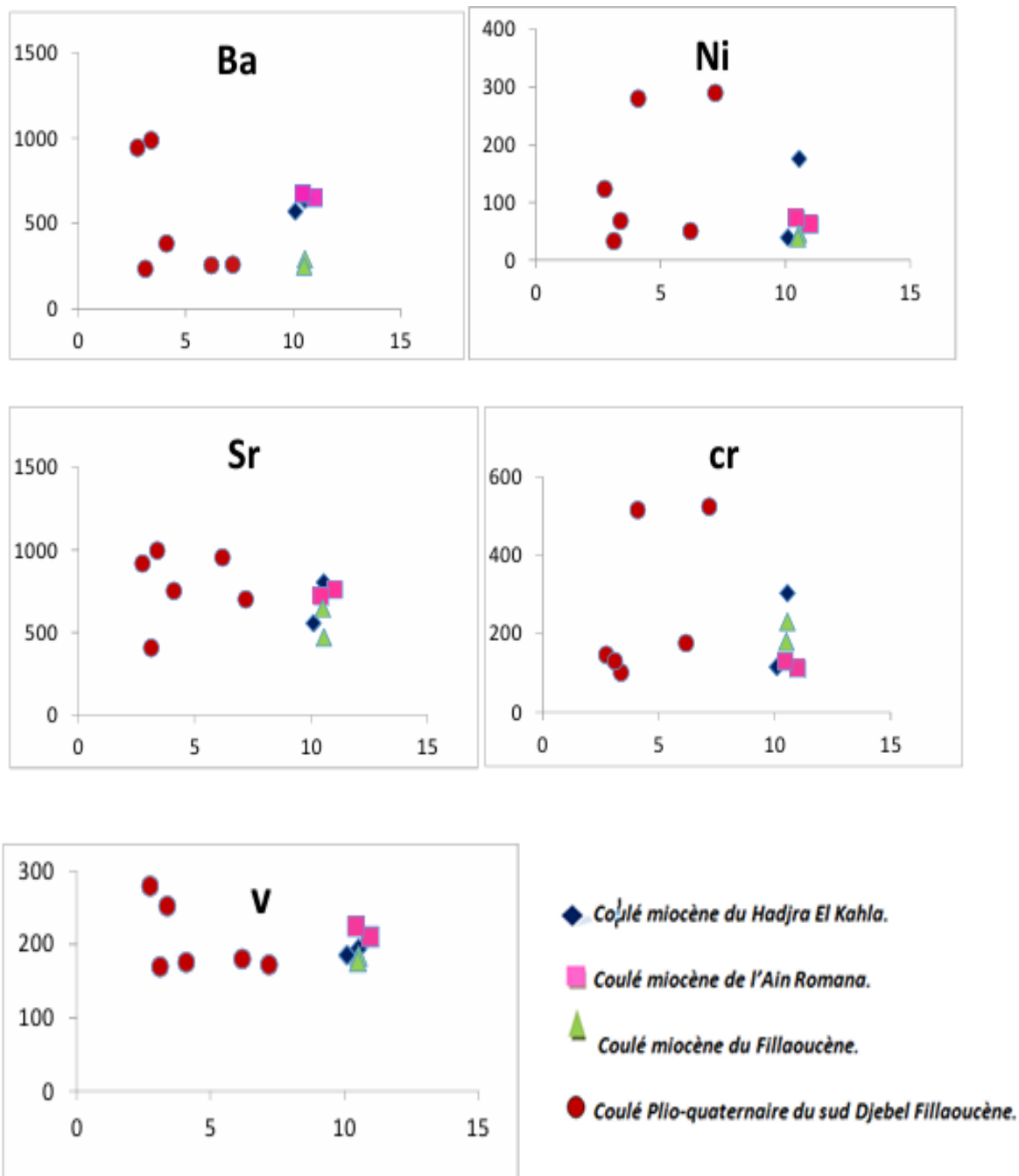
Comportement des éléments en traces en fonction $MgO/MgO+FeO$:

Fig. 24 : Comportement des éléments en traces en fonction de $MgO/MgO+FeO$ des laves Mio-Plio-quaternaires de la Moyenne Tafna (rive droite et la rive gauche). (Megartsi, 1985, Louni, 2002 et Bendoukha, 2008)

- Les terres rares

Les données de terres rares utilisées dans cette étude proviennent d'une sélection d'analyses des travaux de Bendoukha (1997, 2000 et 2001), Abbad (1993), Coulon et al. (2002) pour la plupart des basaltes mio-plio-quaternaires de l'ensemble des massifs étudiés.

Elles vont nous permettre une meilleure caractérisation des propriétés géochimiques des laves néogènes de l'Oranie nord occidentale.

Parmi ces éléments dosés, nous discuterons principalement le comportement des éléments incompatibles (terres rares, LILE et HFSE). Globalement, les roches volcaniques des massifs étudiés sont enrichies en terres rares.

Les courbes multiéléments normalisés au manteau primitif (Sun et Mc Donough, 1989) (**Fig.25a, b, c, d, e,**) mettent en évidence les effets dus au fractionnement de certains minéraux sur la distribution de ces éléments.

Les éléments étant classés par ordre de degré d'incompatibilité croissant de gauche à droite, le fractionnant est plus important au niveau des éléments les plus incompatibles.

Leurs concentrations en terres rares légères sont en effet de 21 à 120 fois supérieures à celles du Manteau Primitif (McDonough et Sun, 1995).

C'est dans la Basse Tafna et à Aïn Témouchent que les teneurs en terres rares légères sont les plus fortes.

D'une manière générale, les spectres de terres rares des laves d'Oranie sont de type 'enrichis en LREE'.

Ils sont caractérisés par un net enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares moyennes et aux terres rares lourdes ($La/Sm_N : 2 - 7,46$); ($La/Yb_N : 5,36 - 70,26$) et ($Sm/Yb_N : 2,57 - 13,47$).

L'interprétation de l'allure de ces spectres ne permet pas de distinguer clairement entre les laves basaltiques des différents massifs sauf pour les roches du Djebel Fillaoucène qui paraissent, cependant, un peu moins enrichies en terres rares légères (21 à 57 fois les valeurs du Manteau Primitif de McDonough et Sun, 1995).

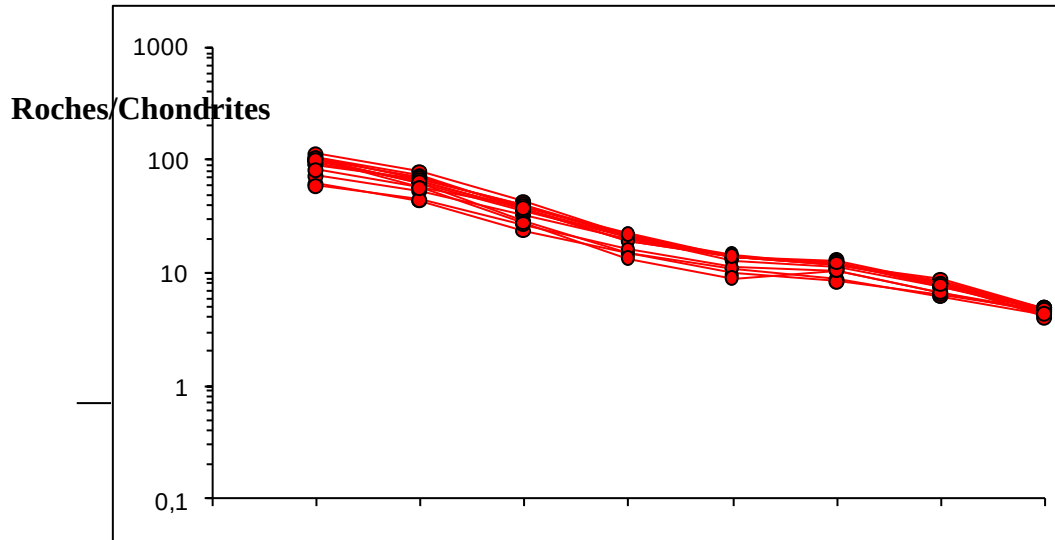
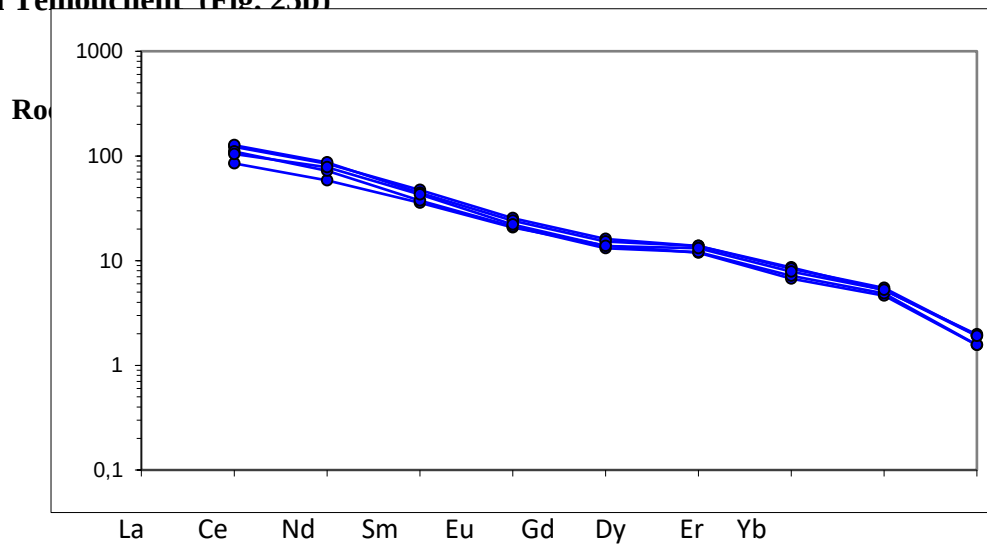
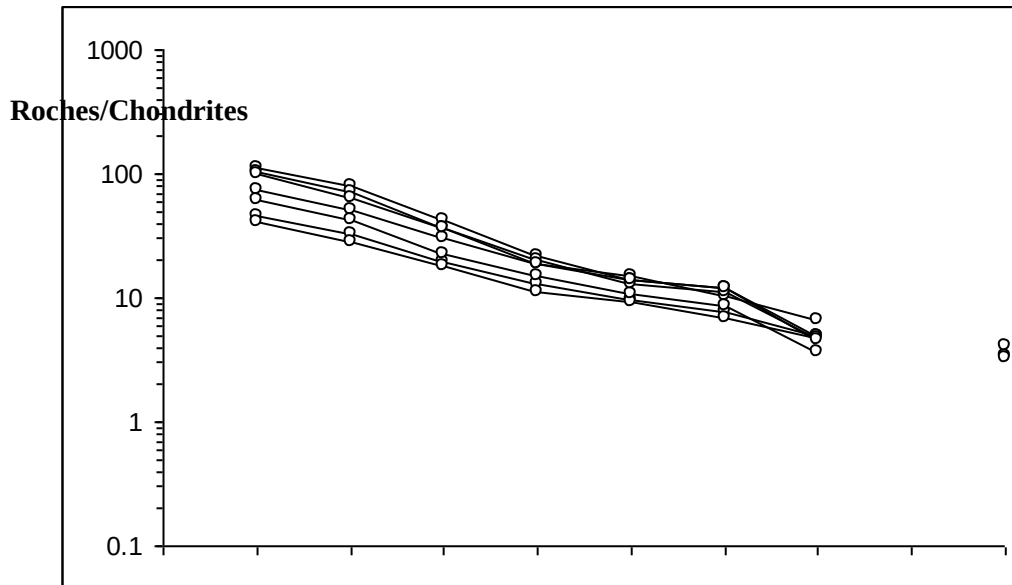
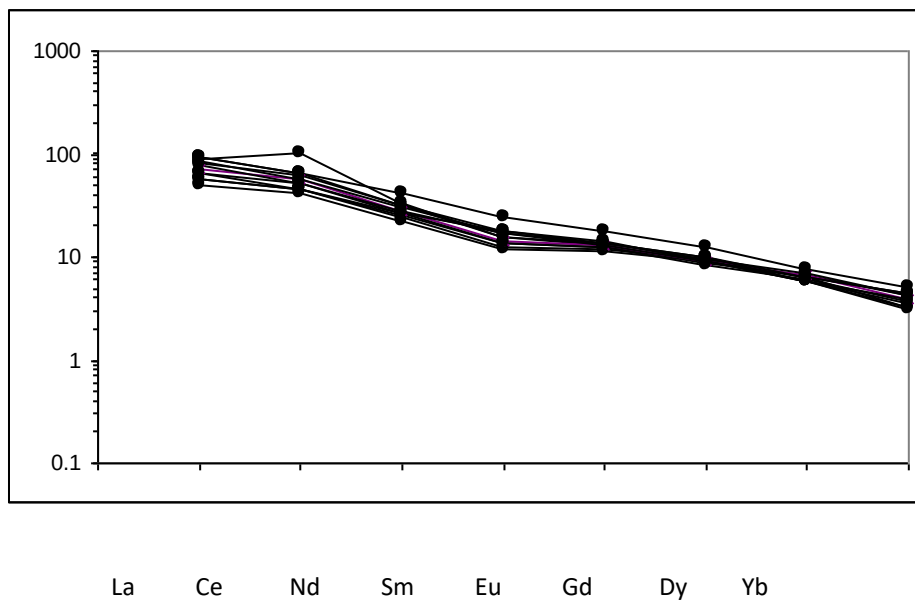
Basse Tafna (Fig.25a)**Ain Temouchent (Fig. 25b)**

Fig. (25a, b):Spectre de terres rares des laves alcalines plio-quaternaires de l'Oranie (**Bendoukha 2008**)

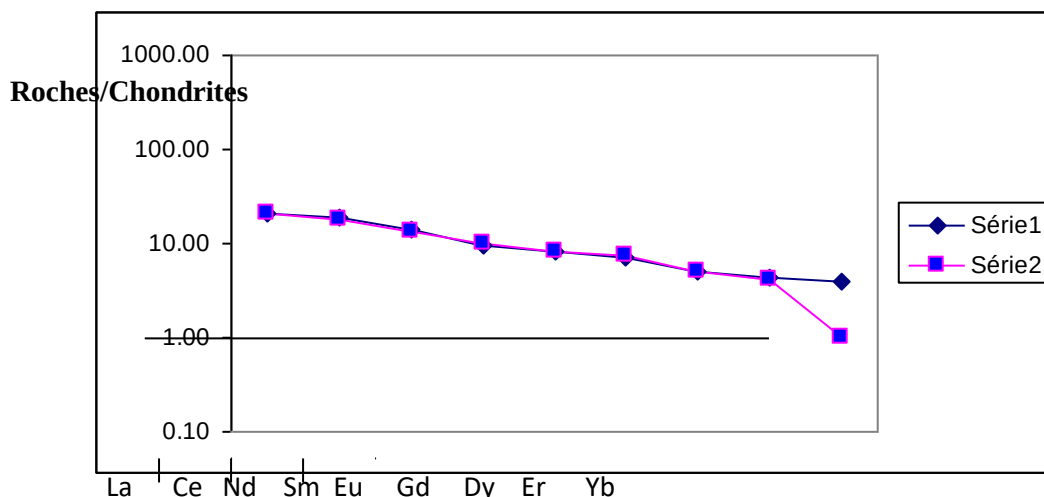
Flanc sud du Djebel Fillaoucene (Fig. 25c)



Souhalia (Fig.25d)



(Fig.25 c, d): Spectres de terres rares des laves alcalines plio-quaternaires de l'Oranie(Bendoukha 2008)



(Fig.25e) : Spectres de terres rares des laves miocènes du Flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la Basse Tafna (**Bendoukha 2008**)

Les spectres des terres rares des coulées miocènes venant du Flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Basse Tafna ne montrent pas d'anomalie au niveau de l'euprium. Les spectres des deux laves coïncident

En les comparant à ceux des basaltes d'âge plio-quaternaire, nous remarquons qu'ils ont la même allure. Louni-Hacini et al. (1995) et Coulon et al. (2002) estiment que ces roches montrent plutôt un caractère transitionnel entre l'affinité franchement alcaline des laves plio-quaternaires. En outre, l'utilisation des HFSE, notamment des rapports Zr/Nb et La/Nb, permet encore une meilleure distinction géochimique entre les basaltes alcalins plio-quaternaires, et les laves transitionnelles miocènes.

• Spectres Multi-Elements

Les diagrammes élargis à l'ensemble des éléments incompatibles et normalisés au manteau primitif sont présentés dans la **fig.26**. Dans tous les secteurs étudiés, l'allure des spectres multiéléments est globalement similaire.

Ils montrent une augmentation des valeurs normalisées de l'Yb au Nb, suivi d'une diminution des valeurs pour les éléments les plus incompatibles (situés à gauche du Nb). Ces spectres présentent de plus :

- une anomalie positive en Nb caractéristique des basaltes de type OIB.

-une anomalie négative en K et en Rb parfois très prononcée.

Quelques petites différences ont été observées au niveau de certains éléments. En effet, l'analyse détaillée fait apparaître de légères anomalies positives en P et en Ti dans les spectres des laves d'Aïn Témouchent et de la Moyenne Tafna.

Ces anomalies peuvent s'expliquer en termes d'accumulation d'oxydes ferro-titanés pour le Ti, et en particulier d'ilménites et de richesse en apatite pour le P.

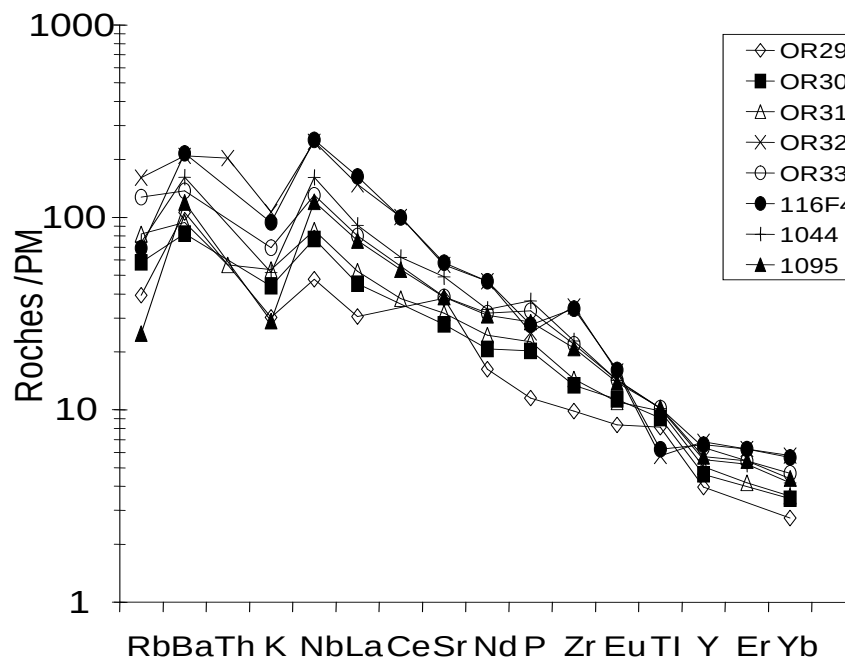


Fig.26:Diagrammes multiéléments normalisés au manteau primitif Sun et **McDonough (1989)** (in **Louni, 2002**).

- **La distribution de Zr /Th(Fig.27)** et de **Zr / Hf(Fig.28)**, montre une corrélation positive, traduisant une richesse en plagioclase dans les termes les plus évolués de la série alcaline et un appauvrissement en minéraux ferromagnésiennes.
- **Le rapport Nb/Zr** varie entre 0.41 et 0.49 dans les coulées miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucene et de la rive gauche de la Basse Tafna. En revanche, il atteint des valeurs plus faibles (0.36 à 0.38) dans les laves attribuées au plio-quaternaire de l'ensemble des massifs

- **Le rapport Nb/La** atteint la valeur 0.77 dans la lave miocène du Djebel Fillaoucène et 0.79 dans la coulée miocène de la Basse Tafna. Ce rapport fluctue entre 1.42 et 1.65 dans les coulées d'âge Plio-Quaternaire.

En définitive, nous remarquons que les rapports faisant intervenir le niobium sont discriminants. Ils permettent de faire la distinction entre le magma ayant donné naissance aux basaltes d'âge miocène et celui ayant donné naissance aux coulées alcalines plio-quaternaires de l'ensemble des massifs.

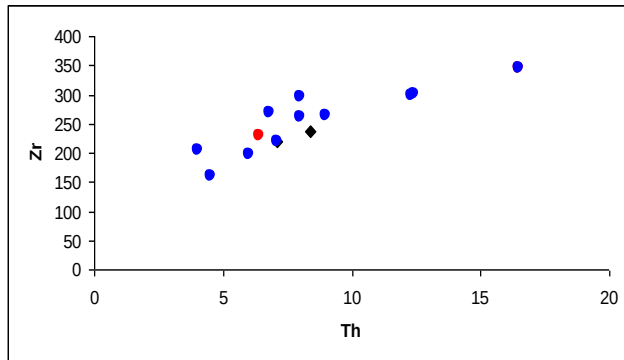
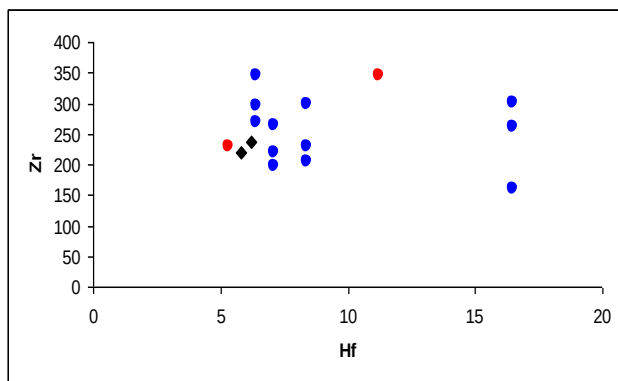


Fig.27: Variation de Zr /Th dans les basaltes alcalins plio-quaternaires de l'Oranie(**Bendoukha 2008**)



▲ Basalte plio-quaternaire d'Ain Temouchent

● Basalte plio-quaternaire de la Basse Tafna

● Basalte plio-quaternaire de Souhalia

● Basalte plio-quaternaire du flanc sud du Djebel Fillaoucène

Fig.28: Variation de Zr /Hf dans les basaltes alcalins plio-quaternaires de l'Oranie(**Bendoukha 2008**)

1) Distribution du Th, La, Zr, Nb et Yb dans les laves alcalines d'Oranie

-La distribution du Thorium dans les basaltes de l'Oranie nord occidentale révèle des teneurs comprises entre 3.6 et 3.36 ppm dans les coulées miocènes du flanc sud du Jebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Basse Tafna.

Par contre, il montre des teneurs plus importantes dans les coulées plio-quaternaires (7.4 et 8.4 ppm) dans les roches du flanc sud du Jebel Fillaoucène, (6.4 et 16 ppm) dans les laves des Souhalia, (2.22-2.63 ppm) dans les basaltes d'Ain Témouchent

Enfin, il passe de (6 à 16.5 ppm) dans les coulées de la Basse Tafna. En définitive, les basaltiques d'Oranie ont des concentrations en Th comprises entre 3 et 16 ppm supérieures. Cet enrichissement s'accroît avec la différenciation conformément au caractère fortement hygromagmatophile de cet élément.

-Le zirconium fluctue entre 117 et 118 ppm dans les roches du flanc sud du Jebel Fillaoucène entre 1.57 et 2.15 ppm dans celles de Souhalia, entre 1.92 et 2.88 ppm dans les coulées de la Basse Tafna et enfin entre 2.22 et 3.17 ppm dans celles d'Ain Témouchent.

-Le rapport Th/La présente des teneurs comprises entre 0.24 et 0.26 dans les coulées miocènes (0.24 pour les laves venant du flanc sud du Jebel Fillaoucène et 0.26 pour les basaltes de la rive gauche de la Tafna).

Ce rapport fluctue entre 0.11 et 0.13 les laves plio-quaternaires du Jebel Fillaoucène, entre 0.07 et 0.16 ppm dans les coulées de la Basse Tafna et enfin entre 0.10 et 0.16 dans les coulées de Souhalia.

Ces résultats témoignent le passage continu entre les laves attribuées au Miocène et celles du Plio-Quaternaire.

-Le rapport La/Cs varie de 0.42 à 0.56 dans les basaltes d'âge plio-quaternaire du flanc sud du Jebel Fillaoucène, entre et de 0.47 à 0.59 dans ceux de Souhalia.

Il montre des variations notables et entre 0.51 et 0.65 dans les roches de la Basse Tafna Il oscille entre 0.52 à 0.61 dans les basaltes d'Ain Témouchent. Au sein du même massif ce rapport atteint des valeurs maximum au niveau des coulées les moins différenciées.

Ce rapport La/Cs présente également des teneurs comprises entre 0.44 et 0.42 dans les coulées miocènes (0.44 pour les laves venant du flanc sud du Jebel Fillaoucène et 0.42 pour les basaltes de la rive gauche de la Tafna).

2) diagrammes binaires

Le diagramme Nb/La(fig.29) des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie révèle un alignement de points sur une droite passant par l'origine. En effet les coulées d'âge miocène occupent un champ proche de l'origine tandis que les laves plio-quaternaires sont éloignées de l'origine du diagramme.

Cela nous laisse penser à **la présence de 2 magmas l'un transitionnel, l'autre alcalin provenant tous les deux d'une même source profonde.**

Le passage du volcanisme transitionnel à un volcanisme purement alcalin s'est fait graduellement. Ce passage étant continu.

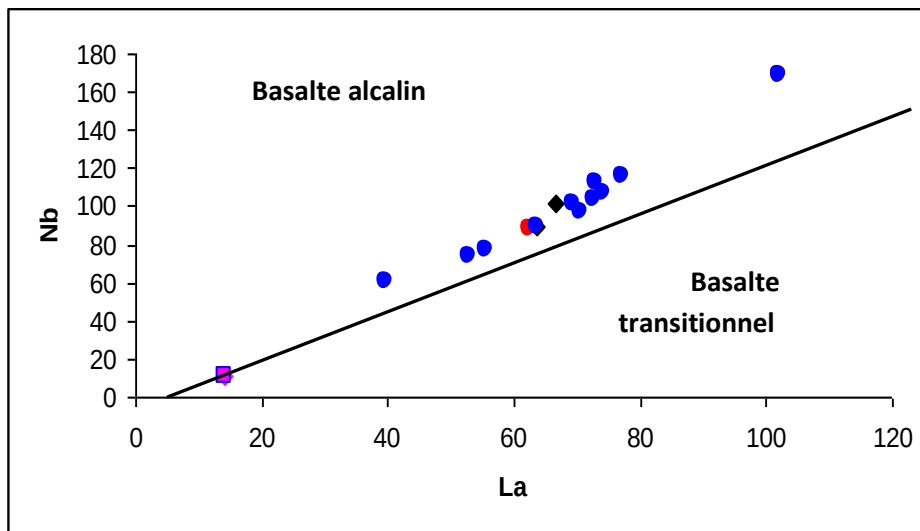
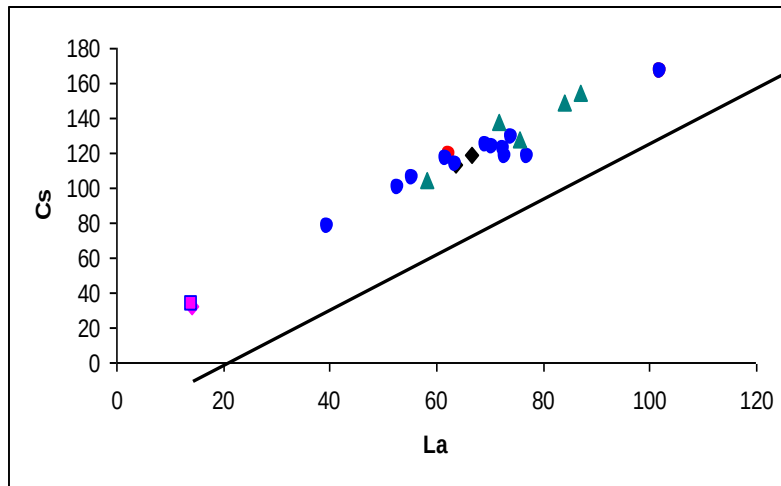


Fig.29: Variation de Nb /La dans les basaltes mio-plio-quaternaires de l'Oranie (**Bendoukha 2008**)

Le diagramme Cs/La(Fig.30) des basaltes mio-plio-quaternaires, révèle lui aussi deux champs distincts.

Nous remarquons que c'est la coulée inférieure d'âge plio-quaternaire du massif éruptif la Basse Tafna qui se rapproche le plus au champ des basaltes miocènes.

Ceci pourrait s'expliquer par la composition chimique et la richesse en minéraux ferromagnésiens dans ces roches.



▲ Basalte plio-quaternaire d'Ain Temouchent

● Basalte plio-quaternaire de la Basse Tafna

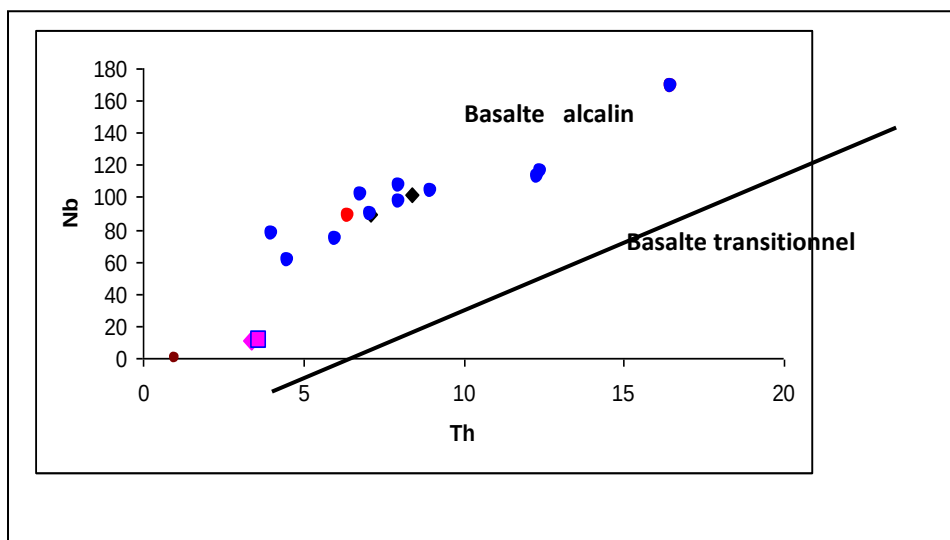
● Basalte plio-quaternaire de Souhalia

◆ Basalte plio-quaternaire du flanc sud du Djebel Fillaoucene

■ Basalte miocène de la Basse Tafna et du flanc sud du Fillaoucene

Fig.30: Variation de Cs /La des basaltes mio-plio-quaternaires de l'Oranie (**Bendoukha 2008**)

Le diagramme Nb/Th (fig.31) confirme la présence de deux magmas : l'un transitionnel, l'autre alcalin (**Bendoukha 2008**)



- Basalte plio-quaternaire d'Ain Temouchent
- Basalte plio-quaternaire de la Basse Tafna
- Basalte plio-quaternaire de Souhalia
- ◆ Basalte plio-quaternaire du flanc sud du Djebel Fillaoucène
- Basalte miocène de la Basse Tafna et du flanc sud du Fillaoucène

Fig.31 : Variation de Nb /Th dans les basaltes mio-plio-quaternaires de l'Oranie (**Bendoukha 2008**)

La corrélation entre les éléments très incompatibles (La /Cs) est linéaire et suggère l'existence d'un lien génétique entre toutes ces laves (cristallisation fractionnée ou mélange de magmas cogénétiques).

Ceci étant vérifié par le fait que ces droites passent par l'origine.

En définitive, l'utilisation des rapports Nb/La, Cs/La et Nb/Th permettent encore une meilleure distinction géochimique entre les basaltes alcalins plio-quaternaires, et les laves transitionnelles d'âge miocène. Ces diagrammes mettent en évidence deux champs :

- L'un réservé aux laves d'âge miocène terminal issues du flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Basse Tafna.
- Le second correspond aux coulées attribuées au Plio-Quaternaire.

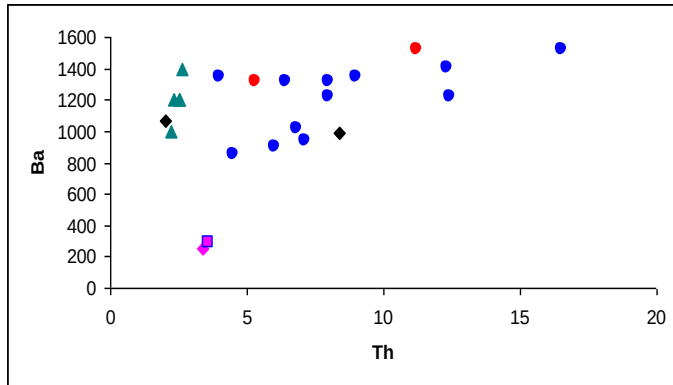
Ceci nous laisse penser probablement à deux magmas provenant d'une source même profonde.

Pour connaître la distribution des éléments en traces du baryum et du rubidium en fonction d'un élément hygromagmatophile et pour voir leur évolution, nous avons choisi le thorium qui est un bon indicateur de la nature des phases ayant précipité.

Les diagrammes Ba/Th (Fig.32) et Rb /Th (Fig.33) montrent deux pôles bien distincts. Les laves miocènes, renferment peu de baryum et de thorium.

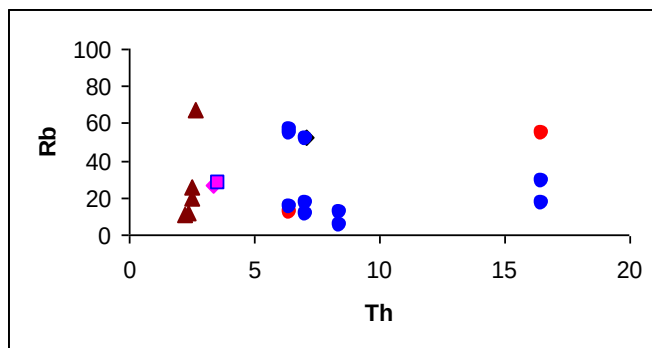
En revanche, celles du plio-quaternaire sont plus riches en ces éléments.

Cette richesse est observée dans les coulées supérieures qui révèlent dans leur composition minéralogique une quantité importante en plagioclase.



- ▲ Basalte plio-quaternaire d'Ain Temouchent
- Basalte plio-quaternaire de la Basse Tafna
- Basalte plio-quaternaire de Souhalia
- ◆ Basalte plio-quaternaire du flanc sud du Djebel Fillaoucene
- Basalte miocène de la Basse Tafna et du flanc sud du Fillaoucene

Fig.32: Variation de Ba /Th dans les basaltes d'âge mio-plio- quaternaire de l'Oranie(**Bendoukha 2008**)



- ▲ Basalte plio-quaternaire d'Ain Temouchent
- Basalte plio-quaternaire de la Basse Tafna
- Basalte plio-quaternaire de Souhalia
- ◆ Basalte plio-quaternaire du flanc sud du Djebel Fillaoucene
- Basalte miocène de la Basse Tafna et du flanc sud du Fillaoucene

Fig.33: Variation de Rb /Th dans les basaltes mio-plio-quaternaires de l'Oranie(**Bendoukha 2008**)

Dans l'ensemble des massifs, la teneur en silice augmente nettement dans les coulées les plus différenciées.

La distribution des alcalins en fonction de SiO_2 de l'ensemble des laves mio-plio-quaternaires de l'Oranie révèle dans le diagramme de Lemaître et al. (1989), une série sodique différenciée : des basanites pour les coulées miocènes de la rive gauche de la Basse Tafna et du flanc sud du Djebel Fillaoucène, des basaltes et des trachy-basaltes pour les laves plio-quaternaires du Djebel Fillaoucène, des basanites et des hawaïtes pour les roches des Souhalia, des picro-basaltes, des basaltes et des hawaïtes pour la Basse Tafna et enfin des basaltes, des basanites et des hawaïtes pour le massif d'Aïn Témouchent.

Cette série atteint le terme de phono-téphrites dans le massif de la Basse Tafna. Cette différenciation résulte en grande partie de processus de cristallisation fractionnée d'une série alcaline sodique des laves plio-quaternaires.

La chute du magnésium est marquée par la cristallisation de l'olivine, celle du calcium par le fractionnement des minéraux ferromagnésiens, notamment le clinopyroxène.

La courbe indiquée par le titane ainsi que la corrélation négative révélée par le fer, suggèrent la précipitation des opaques.

Dans les coulées plio-quaternaires, le sodium et l'aluminium et le potassium, augmentent régulièrement depuis la coulée la plus ancienne jusqu'à la plus récente et ce dans l'ensemble des massifs.

Ces trois éléments sont guidés par la grande quantité de plagioclases présents en microlites ou en phénocristaux dans toutes les laves basaltiques de l'Oranie nord occidentale.

La distribution des éléments en traces dans les roches basaltiques de l'Oranie nord occidentale révèle une nette évolution de leur chimisme

Le nickel diminue très nettement dans les coulées sommitales et révèle la cristallisation de l'olivine.

Les teneurs en chrome et en cobalt chutent nettement dans les termes les plus différenciés. Les corrélations négatives obtenues pour ces deux éléments confirment le fractionnement du clinopyroxène.

La diminution du vanadium et du cuivre, dans les termes les plus évolués indique la précipitation des minéraux opaques.

Enfin les corrélations positives indiquées par le baryum et le strontium montrent la non précipitation des plagioclases dans toutes les laves.

Les teneurs en baryum et strontium révèlent une corrélation positive. Ils augmentent dans les termes les plus différenciés. Ils présentent le même comportement que l'aluminium et le sodium et précipitent la non précipitation du plagioclase.

En revanche les coulées miocènes ne semblent pas montrer une évolution de ces deux éléments en raison de leur des faibles quantités de plagioclase qu'elles renferment.

Le rubidium, ne semble pas montrer de corrélation même au sein d'un même massif et n'indique aucun trend d'évolution.

En définitive, au niveau de chaque massif nous avons constaté que les teneurs en Nickel, Vanadium, Chrome décroissent progressivement depuis les coulées les plus anciennes aux plus récentes. Parallèlement, le baryum, et le strontium augmentent nettement dans les termes les plus différenciés du Plio-Quaternaire.

En revanche les coulées miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucene et de la rive gauche de la Base Tafna renferment peu de baryum et de strontium ce qui confirme leur pauvreté en plagioclase et une richesse en chrome qui se traduit par leur richesse en pyroxène.

Le comportement des éléments majeurs et traces dans les laves basaltiques de l'Oranie en fonction du rapport $MgO/MgO+FeO$ révèle une série sodique différenciée.

La différenciation de cette série pourrait être en grande partie guidée par un processus de cristallisation fractionnée. Globalement, les roches volcaniques étudiées sont enrichies en terres rares. Leurs concentrations en terres rares légères sont en effet de 21 à 120 fois supérieures à celles du Manteau Primitif (McDonough et Sun, 1995).

C'est dans la Basse Tafna et à Aïn Témouchent que les teneurs en terres rares légères sont les plus fortes.

D'une manière générale, les spectres de terres rares des laves d'Oranie sont de type 'enrichis en LREE'.

Ils sont caractérisés par un net enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares moyennes et aux terres rares lourdes.

Les concentrations en terre rares ainsi que la forme des spectres révèlent en revanche un caractère transitionnel pour les basaltes miocènes provenant de la rive gauche de la Basse Tafna et du flanc sud du Djebel Fillaoucene.

Le parallélisme des spectres des terres rares obtenu dans les coulées plio-quaternaires montre un cogénitisme entre l'ensemble des laves alcalines de l'Oranie.

Les teneurs des éléments majeurs et traces dans les coulées miocènes issues du flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Basse Tafna proviendraient sans aucun doute d'un même magma transitionnel.

Par contre toutes les coulées plio-quaternaires de l'Oranie nord occidentale constituent une série alcaline sodique issue d'un magma alcalin.

Les rapports des teneurs Cs/La et Nb/Th permettent encore une meilleure distinction géochimique entre les basaltes alcalins plio-quaternaires, et les laves transitionnelles d'âge miocène. Ces diagrammes mettent en évidence deux champs :

- L'un réservé aux laves d'âge miocène terminal issues du flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Tafna ;
- Le second correspond aux coulées attribuées au Plio-Quaternaire.

Ceci nous laisse penser probablement à deux magmas provenant d'une source même profonde. Ces résultats révèlent le passage continu entre le volcanisme miocène ayant donné naissance au basalte transitionnel du flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Basse Tafna et celui ayant contribué à la mise en place des coulées plio-quaternaires venant du flanc sud du Djebel Fillaoucène, des massifs de Souhalia, de la Basse Tafna et d'Ain Temouchent.

Chapitre VI

Chapitre VI : Aspect Economique lié au volcanisme

1. Introduction :

L'observations des formations volcaniques sur terrain ainsi que l'étude pétrographique nous ont permis de mettre en évidence la relation entre les éruptions volcaniques et l'aspect économique.

Les observations sur terrain (Bendoukha 2008) de la morphologie et des structures volcaniques observées dans les massifs volcaniques moi plio quaternaire de l'oranie a permis de mettre en évidence des structures (**photo.4 ,5**) de type :

- Anneaux de tuf,
- Cones de tuf
- Daya Ben ghana

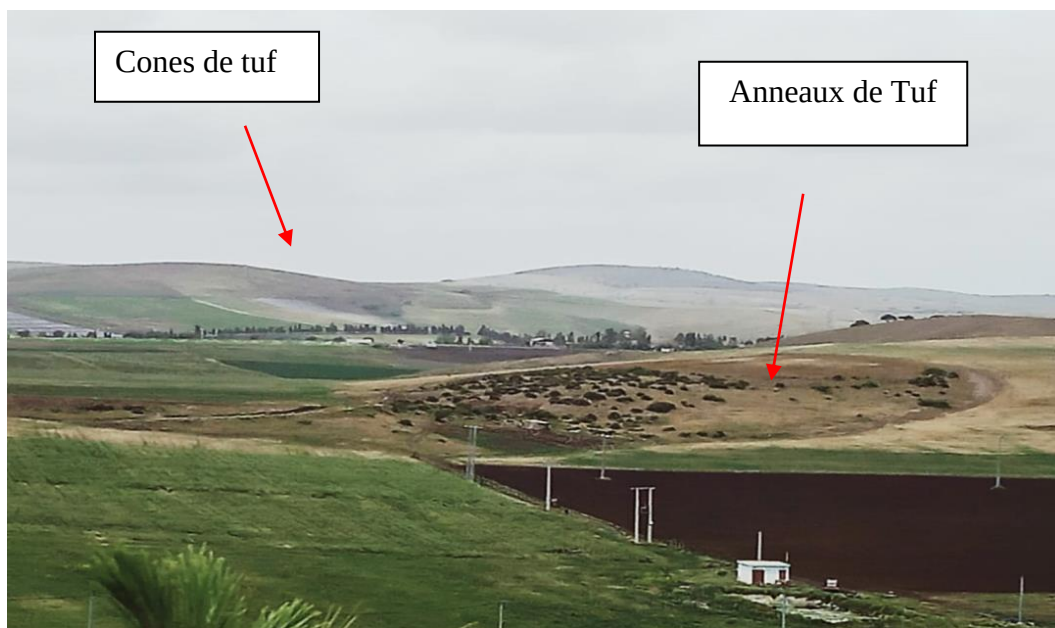


Photo.4 : morphologie des structures volcaniques du massif d'Ain Temouchent (**Bendoukha 2008**)



Photo.5: Daya du volcan de Ben Ghana (**Bendoukha, Razem, Ridel 2024**)

Cinqs types d aspect économique peuvent être rattachés au volcanisme moi-plio-quaternaire de l'Oranie nord occidentale

- Aspect minéralisation liée au phreatomagmatisme
- Aspect minéralisation liée au volcanisme Alcalin de l'Oranie
- Aspect hydraulique.
- Aspect agricole.
- Aspect touristique

2. minéralisation liée au phreatomagmatisme :

Les minéralisations en cuivre, cadmium et en soufre sont liées à des processus volcaniques, notamment lors de l'exsolution de fluides volcaniques riches en silice, qui peuvent condenser ou réagir avec l'eau souterraine pour entraîner des altérations argileuses et une silicification au sein des zones affectées

Ces altérations, caractéristiques des zones affectées par le phreatomagmatisme, précèdent ou accompagnent la précipitation des minéraux métalliques, notamment l'or, le cuivre, et les sulfures. Les dépôts volcano-sédimentaires observés dans le flanc est de Douar El Hadjra se sont déposés suite à une violente éruption volcanique dans une structure de chenal

CHAPITRE VI

Aspect économique

La formation volcano-sédimentaire du couleur jaune verdâtre a révélé la présence de Tuf pyroclastique (**photo.6**).



Photo.6: Tuf pyroclastique de retombée du volcan Douar El Hadjra (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)

Elle est recouverte par un mince niveau de paléosol surmonté par une brèche volcanique et une coulée basaltique prismée à phénocristaux de cpx et nodule de péridotite. (**photo.7**)



Photo.7: coupe de Flanc Est du volcan De Douar El Hadjra(**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)



Photo.8 : Tuf Pyroclastique du volcan Douar El Hadjra (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)

L'observation des Tufs a lapillis a éléments grossiers moyens et fins (**photo9**) a la loupe binoculaire montre dans leur composition la présence de :

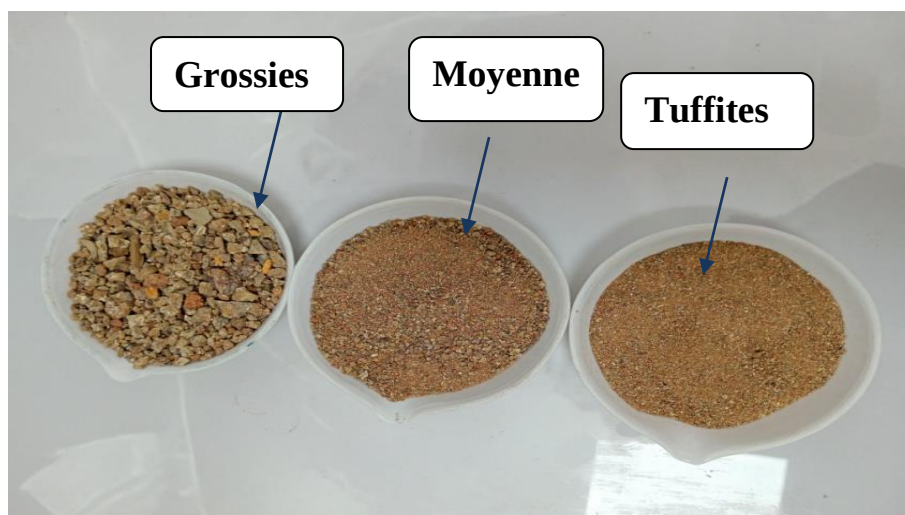


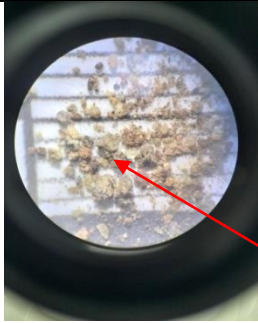
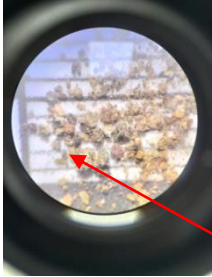
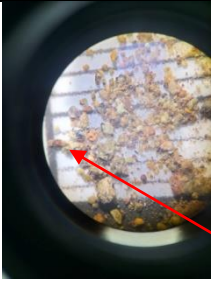
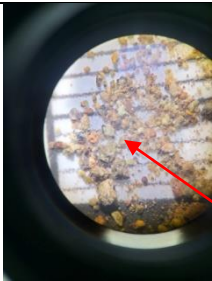
Photo.9 : Echantillon de Tuf a la piléde volcans de Douar El Hdjra (**Bendoukha ,Ayadi et Chergui 2025**)

Tuf a éléments grossier de Douar El Hadjra

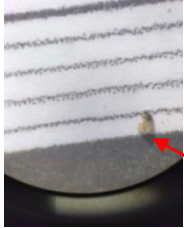
Nature Pétrographie	Diamètre 0,3mm	Diamètre 0,5mm	Diamètre 0.8mm	Observation
Scorie	7	1	----	 Scorie
Fragment de Basalte	1	1	—	 fragment de Basalte
Fragment deGrée	2	5	—	 Fragment de Grée
Soufre (jaune Verdâtre)	—	—	1	 Soufre (jaune verdâtre).
cadmium	2	—	—	 cadmium

Tab.20 : Observation des Tufs a élément grossie à la loupe binoculaire (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)

**Tuf a éléments moyens de Douar El
Hadjra Tamis 250 mm**

Nature Pétrographique	Diamètre 0,05mm	Diamètre 0,1-0,15 mm	Observation
Scorie	—	5	 scorie
Fragment de Basalte	2	—	 Fragment de Basalte
Fragment de Grés	3	—	 Fragment de Grés
Fragment de Soufre (jaune Verdâtre)	2	—	 Fragment de soufre

Tab.21 : Observation des Tufs a élément moyens a la loupe binoculaire (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)

Tuffites de Douar El Hadjra			
Tamis 200 mm			
Nature Pétrographie	Diamètre 0,05mm	Diamètre 0,1mm	Observation
Scorie	5	4	 <p>Scorie</p>
Fragment de Basalte	—	14	 <p>Fragment de Basalte</p>
Fragment de Grés	6	—	 <p>Fragment de Grée</p>
Soufre (jaune Verdâtre)	3	—	 <p>Soufre (jaune verdâtre)</p>

Tab22: Observation des tuffites a la loupe binoculaire (Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)

3. Minéralisation liée au volcanisme Alcalin de l'Oranie

L'étude de terrain volcanique de la rive gauche de la Moyenne Tafna a révélé dans le flanc sud de Djebel Fillaoucene la présence d'une minéralisation de barytine dans les cinérites. Celles-ci ont une couleur blanchâtre (**photo.10**) et a aspect semi friable



Photo.10 : Cinérite du Flanc Sud de Djebel Fillaoucene (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**).

L'observation des cinérites au microscope révèle dans leur composition une minéralisation liée à la Barytine qui se présente sous forme de nodule blanchâtre (**photo.11**)



Photo. 11: L'observation des cinérites au microscope (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)

4. Aspect hydraulique :

Les éruptions volcaniques liées aux volcanismes alcalin révèlent des structures particulières lorsqu'il y a contact entre magma ascendant et un milieu aquifère.

En effet dans le massif volcanique de la Basse Tafna plus particulièrement dans la rive droite de la Basse Tafna une structure de **Maar** de 200m de diamètre a été mise en évidence (Bendoukha 2008).

Cette structure ne peut pas servir de réservoir hydraulique vu le fond plat du maar.

Par contre c'est un indice de présence **nappe phréatique superficielle** (Bendoukha et al 1987, Bendoukha 2008).

La grande quantité d'eau piégée dans les grès du Villafranchien, peut contribuer à l'économie.

En effet, l'eau de la nappe peut servir pour l'irrigation des terres agricoles avoisinant le Maar **(Photo.12)**



Photo.12 : Maar du volcan Le Fort Belinsi **(Bendoukha 2008)**

La structure d'**anneau de tuf** observée dans le volcan du Dzioua **(photo.13)** a servi de réservoir hydraulique qui alimente la population de toute la wilaya d'Ain Temouchent.



Photo.13 : Anneau de tuf du volcan de Dzioua servant de réservoir hydraulique (**Bendoukha 2008**)

5. Aspect Agricole :

Les éruptions volcaniques ont un aspect positif dans le domaine agricole. En effet l altération des coulées basaltiques donne un sol riche en oligo- elements.

Le sol devient fertile. Il contribue au développement des plantes telles que le vignoble, les céréales et les arbres fruitiers (**photo.14 et en annexe**)



Photo.15 : Céréale au volcan de Hamar Brarcha (**Bendoukha, Razem et Ridel 2024**)



Photo. 16 : vignoble du cratère du volcan de Ben Ghana (**Bendoukha et Maachou 2015**)



Photo 17 : Maar du volcan Le Fort Belinsi(**Bendoukha2008**)

6. Aspect touristique

Le volcanisme de l'Oranie nord occidentale met en évidence des paysages exceptionnelles qui trouve touche le tourisme en Algérie on pond comme un exemple les coulées Basaltiques prisme de Tedmaya (**photo.18**) situe dans la Rive Gauche de la Basse Tafna.



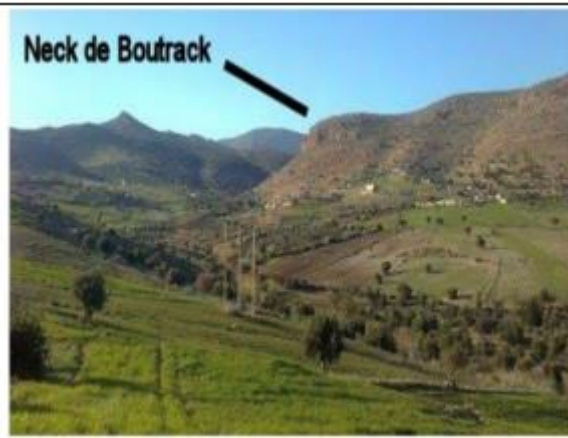
Photo 18: Coulée prismée de Tadmaya (Basse Tafna) (**Bendoukha 2008**)

CHAPITRE VI

Aspect économique

On trouve la rive gauche de la Moyenne Tafna mène en évidence une structure de Neck (**photo.19**)

Dans l'ensemble des massifs des structures de connes du tufs d'anneaux de tuf, de Daya, des Dômes Strombolien et des cônes Strombolien mène en relief de paysage exceptionnelle.



Neck de Boutrack. (Bendoukha 2017)



Formation volcano-sédimentaire de Benghana



Torr (Basse Tafna)



Formation volcano-sédimentaire

Photo.19 ; paysages liés au volcanisme de l'Orianie (Bendoukha 2008)

7. Conclusion

Le volcanisme mio-plio-quaternaire de l'Orianie nord occidentale contribue au développement économique. Il sert de réservoir d'eau pour l'irrigation des terres agricoles et l'alimentation en eau potable des ménages.

La fertilité des sols provenant de l'altération des basaltes favorise la poussée des plantes, des céréales et des arbres fruitiers.

En outre, il contribue au développement économique par la mise en surface des minéralisations telles que les minerais cuprifères, de cadmium et de fumerolles (soufre).

Conclusion générale

Conclusion générale

L'Oranie nord occidentale a été le siège d'importantes manifestations volcaniques d'âge mio-plio-quadernaire. Pour le volcanisme alcalin plio-quadernaire, les dépôts pyroclastiques dessinent des structures morphologiques variées : des cônes stromboliens, des cônes ou des anneaux de tufs de diamètre kilométrique ainsi que des dayas et des maars.

L'activité éruptive alcaline d'Oranie se caractérise par un changement de type de dynamisme. Les émissions volcaniques se sont effectuées à des âges variés à la faveur de trois types de dynamisme : effusif, strombolien et phréatomagmatique.

Les éruptions effusives datées du Miocène se sont produites uniquement à l'Ouest de l'Oranie plus particulièrement dans la rive gauche de la Basse Tafna et sur le flanc Sud du Djebel Fillaoucène.

Dans la rive droite de la Moyenne Tafna les éruptions se sont produites à Ain Romana et à Hadjra El Kahla avec un dynamisme strombolien

Les produits éruptifs (dacite et coulées basaltiques) se sont épanchés sur de faible superficie sans direction privilégiée. Des produits de projections viennent s'intercaler entre ces venues volcaniques

L'étude pétrographique de l'ensemble des coulées issues des divers appareils volcaniques de l'Oranie nord occidentale a fait ressortir :

Le flanc Sud du Djebel Fillaoucène révèle trois groupes de basaltes notés (F1 à F4).

Le groupe F1 est représenté par une seule coulée basaltique, noirâtre à pyroxène et olivine, datée du Miocène (Coulon et al, 2002) ;

- Le groupe F2 renferme trois coulées à phénocristaux d'olivine fraîche et de clinopyroxène ;
- le groupe F3 est composé de trois coulées constituées essentiellement de phénocristaux de clinopyroxène.
- le groupe F4 est représenté par une seule coulée basaltique à phénocristaux d'orthose.

Dans La rive droite de la Moyenne Tafna révèle dans la dacites la présence de feldspath d'ortho pyroxène de type hypersthénie et de la biotite. L'ensemble de la minéralogie est emballé dans un verre volcanique pigmenté

Dans le massif des Souhalia, trois groupes de coulées basaltiques notés (S1 à S3) ont été mis en évidence :

Conclusion générale

- le groupe S1 est composé de trois coulées de basalte à “tâches de soleil” et renfermant des phénocristaux d’olivine, de clinopyroxène avec parfois des inclusions de minéraux ferro- titanés, de lattes de plagioclase et de microcristaux d’analcime ;
- le groupe S2 renferme des basaltes à phénocristaux de plagioclase, de clinopyroxène et d’olivine plus ou moins iddingsitisée ainsi que des enclaves énalogènes de quartz ;
- le groupe S3 est constitué de basaltes riches en xénocristaux d’amphibole et des microlites de clinopyroxène zoné et d’olivine totalement altérée.

Dans le complexe volcanique de la Basse Tafnasix groupes de coulées différentes par leur composition minéralogique et de produits volcano-sédimentaires ont été mis en évidence:

- le groupe basaltique B1 comporte une seule coulée basaltique prismée, attribuée au Miocene (Bendoukha, 2008), renfermant des phénocristaux de clinopyroxène, d’iddingsite et des cristaux de plagioclase ;
- le groupe B2 correspond à deux coulées, noires et prismées, présentant une texture doléritique et une abondance de phénocristaux d’olivine fraîche, de clinopyroxène et de plagioclase ;
- le groupe B3 englobe trois coulées grisâtres à “taches de soleil” montrant des phénocristaux d’olivine et de clinopyroxène ainsi que des microcristaux d’iddingsite, de titanomagnétite et de l’analcime ;
- le groupe B4 renferme uniquement les produits pyroclastiques : des tufs à lapillis, des tuffites, des cinérites, des pisolithes, des tufs à lapillis accréionnaires et des blocs basaltiques fichés .Les produits de ce groupe montrent des figures d’anti dunes et des blocs fichés de taille variable.
- le groupe basaltique B5 correspond à trois coulées gris-bleu à phénocristaux de clinopyroxène frais ou altérés, de plagioclase et quelques olivines plus ou moins iddingsitisées ;
- le groupe basaltique B6 englobe des coulées bleues à xénocristaux d’amphibole et des phénocristaux de feldspath ainsi que des microcristaux de plagioclase et de minéraux ferro-titanés. La coulée sommitale de ce groupe est aphyrique.

Le massif volcanique d’Ain Temouchent révèle quatre groupes de basalte et de produits pyroclastiques notés T1 à T4 :

- les groupes T1 et T3 se caractérisent par des dépôts volcano-sédimentaires constitués de tufs à lapillis, de tuffites, de cinérites, de tufs à lapillis accréionnaires, de pisolithes, de gouttes de cendres pisolithiques, de balles de boue et de blocs basaltiques fichés avec des figures d’anti dunes ;
- le groupe T2 comporte deux coulées basaltiques riches en cristaux d’olivine, de clinopyroxène de plagioclase, de néphéline et d’oxydes opaques ;
- le groupe T4 comporte deux coulées basaltiques caractérisées par des phénocristaux de clinopyroxène, de plagioclase et d’analcime. La coulée supérieure de ce groupe est aphanitique.

L'ordre de cristallisation des minéraux dans les massifs éruptifs de l'Oranie nord occidentale est le suivant : les oxydes ferro-titanés → l'olivine → le clinopyroxène → l'amphibole → puis les feldspaths → les feldspathoïdes.

L'étude dynamique du volcanisme mio-plio-quaternaire révèle un changement de dynamisme dans l'ensemble des massifs volcaniques de l'Oranie nord occidentale :

Le flanc sud du Djebel Fillaoucene révèle deux grands épisodes volcaniques majeurs. Le premier, de type effusif pendant le miocène, le second de type strombolien pendant le plio-quaternaire.

Le massif éruptif des Souhalia a connu un seul épisode volcanique majeur de type strombolien **Le complexe volcanique de la Basse Tafna**, met en évidence **quatre grands épisodes** volcaniques majeurs :

Le premier épisode volcanique majeur, s'est manifesté pendant le miocène dans la rive gauche de la Basse Tafna. Il est marqué par la mise en place de la coulée prismée du groupe B1. La bouche d'émission responsable du développement de cet épisode effusif serait en mer.

Le second épisode volcanique majeur est marqué par la mise en place de produits de projection (bombes et scories brunes) et par l'épanchement des coulées noires et gris noires des ensembles B2 et B3. Il est en général de type strombolien. Le volcan d'El Gloub se différencie par rapport aux autres par la prépondérance des produits effusifs. Cet épisode se termine par une importante phase de repos soulignée par la présence de paléosols.

Le troisième épisode volcanique majeur est de type phréatomagmatique. Il a connu son développement au niveau du maar du Fort Belinsi. Il est caractérisé par les dépôts volcano-sédimentaires constituées de tufs à lapillis, de cinérites, de cônes de tufs, d'anneaux de tufs, de fragments de scories noires dans les niveaux de tufs et de tuffites, de gouttes de cendres pisolithiques, de balles de boue, de traces d'impact et figures d'anti-dunes. Tous ces éléments sont provoqués par les déferlantes basales lors des explosions phréatomagmatiques.

Le quatrième épisode volcanique majeur est de type stromboliens. Il est caractérisé par des coulées des groupes pétrographiques B5 et B6 et des produits de projection (bombes scoriacées en forme d'amygdale, de taille décimétrique et scorie de couleur brun rougeâtre). Au volcan du Fort Bélinsi, il est aussi caractérisé par un lahar de 10 à 15 cm d'épaisseur.

Le massif volcanique d'Ain Temouchent a connu sa première activité volcanique au Pliocène supérieur (Bendoukha, 2008). Cet épisode phréatomagmatique a mis en évidence des centres d'émission en forme de cône, d'anneau de tuf ou de maar. Les produits pyroclastiques rejetés sont des dépôts volcano-sédimentaires représentés par des tufs à lapilli à éléments grossiers, moyens et fin, des tuffites, des cinérites, des niveaux de pisolithes et des lapilli accretionnaires, des cendres volcaniques, des balles de boue de 10 à 15 cm de diamètre et des blocs fichés.

Conclusion générale

Ces dépôts montrent des figures d'anti-dune de 2 voir par endroit 4m d'amplitude témoignant de violentes explosions volcaniques avec des déferlantes basales.

Le deuxième épisode volcanique majeur de type strombolien, est caractérisé par les coulées gris noirs (notées T3) à phénocristaux d'olivine et pyroxène ainsi que par les produits pyroclastiques telles que les scories brunes, brèches et les bombes volcaniques.

Le troisième épisode volcanique majeur est de type phréatomagmatique.. Contrairement à la structure de maar observée dans le volcan Fort Belinsi, situé dans la Basse Tafna, les dépôts volcano-sédimentaires dessinent dans le massif d'Aïn Témouchent des structures d'anneaux de tufs et de cône de tuf. L'épaisseur, la consolidation et l'angle des lits de tufs.

Le quatrième épisode volcanique majeur est de type strombolien. Les laves rattachées à cet épisode sont de couleur gris-claire. Les coulées inférieures referment des cristaux de pyroxène de plagioclase, alors que celles du sommet sont aphanitiques.

Les produits pyroclastiques qui le caractérisent sont des coulées (groupe T4) et des bombes volcaniques et des brèches scoriacées de couleur brun rougeâtre.

La géochimie de l'ensemble des produits volcaniques révèle une série transitionnelle pour les dacites et les coulées miocène.

Entre autre les laves attribuées au plio quaternaire, révèlent une série sodique différenciée. Elle correspond à : (basaltes) pour les coulées miocènes (Basse Tafna et flanc Sud du Djebel Fillaoucène), (basaltes, hawaïtes, mugéarites) pour les coulées du flanc Sud du Djebel Fillaoucène, de Souhalia et d'Aïn Témouchent.

Elle atteint le terme de phono téphrite dans le massif de la Basse Tafna.

Cette différenciation résulte en grande partie de processus de cristallisation fractionnée d'une série alcaline sodique.

Les concentrations en terres rares ainsi que la forme des spectres révèlent en revanche un caractère transitionnel pour les basaltes miocènes provenant de la rive gauche de la Basse Tafna et du flanc Sud du Djebel Fillaoucène.

Conclusion générale

L'anomalie positive en niobium dans les spectres des terres rares des coulées miocènes et plio-quaternaires traduit un caractère transitionnel pour les laves miocènes du flanc sud du Djebel Fillaoucène et de la rive gauche de la Basse Tafna et alcalin pour les basaltes plio-quaternaires de l'Oranie nord-occidentale.

Le parallélisme des spectres des terres rares obtenu dans les coulées plio-quaternaires montre un co-génitisme entre les laves basaltiques de l'Oranie de cette période.

En revanche, le rapport Nb/La met en évidence une source enrichie pour les basaltes transitionnels et une autre pour ceux du Plio-Quaternaire.

Le rapport Nb/Th révèle une même source profonde (**Fig. 34**) pour les deux magmas issus d'une **zone mantellique enrichie** de type « **diapir asthénosphérique intracontinental** ». Le passage depuis la source des basaltes transitionnels vers ceux du Plio-Quaternaire est continu.

La néotectonique régionale post-collisionnelle associée à des environnements paléogéographiques particuliers, au cours du mio-plio-quaternaire, semble avoir joué un rôle essentiel dans les conditions de mise en place des émissions volcaniques d'Oranie.

Conclusion générale

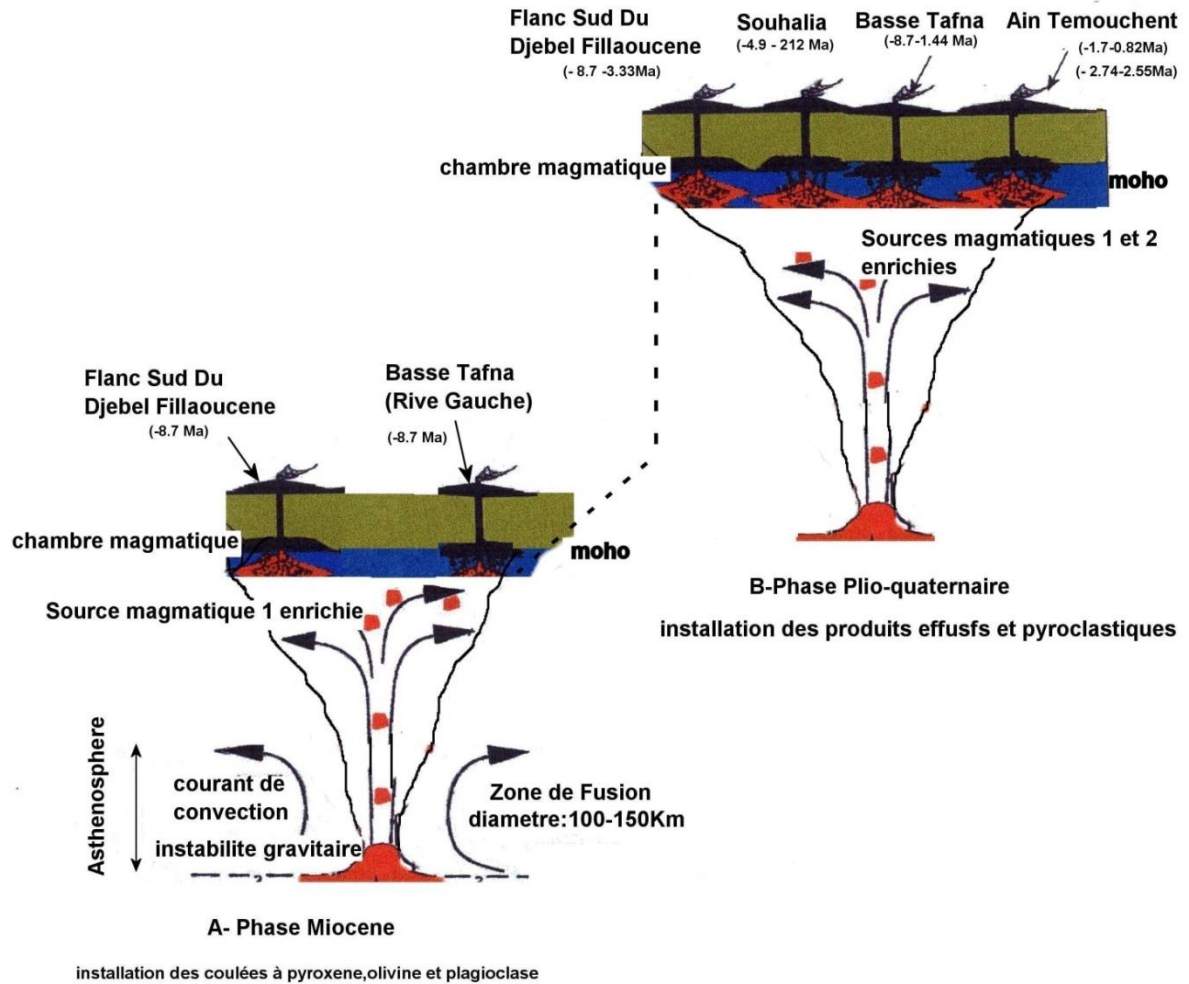


Fig.34 ; Schéma illustrant la dynamique de remontée de magma basaltique servant à alimenter les 4 chambres magmatiques du volcanisme Mio-Plio-quaternaire de l'Oranie(**Bendoukha 2008**).

<i>régions</i>	<i>Miocène</i>					
	<i>Rive droite</i>					
	<i>Hadjra El Kahla</i>		<i>Ain Romana</i>		<i>Fillaoucène</i>	
<i>SiO2</i>	47	48,4	49	47,5	47,2	48,2
<i>TiO2</i>	1,48	1,37	2	1,91	1,45	1,43
<i>Al2O3</i>	15,5	17,1	17,3	16,8	16,6	17,2
<i>Fe2O3</i>	9,55	9,1	10	9,45	9,55	9,51
<i>MnO</i>	0,13	0,14	0,15	0,12	0,14	0,14
<i>MgO</i>	8,95	6,8	6,1	4,3	7,8	7,16
<i>CaO</i>	9,27	9,98	8,6	9,6	9,9	9,42
<i>Na2O</i>	3,1	3,3	4,1	3,1	2,84	3,48
<i>K2O</i>	0,74	1,23	1,27	1,84	0,86	0,82
<i>P2O5</i>	0,45	0,36	0,47	0,47	0,25	0,23
<i>L.O.I</i>	3,7	2,11	1,02	4,38	2,9	2,45
<i>TOTAL</i>	99,87	99,89	100,01	99,47	99,49	100,04
<i>Q</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Or</i>	4,59	7,50	7,66	11,55	5,31	5,01
<i>Ab</i>	24,04	26,01	30,51	27,08	25,07	28,85
<i>An</i>	27,44	29,05	25,49	28,06	31,30	29,82
<i>Ne</i>	1,87	1,49	2,61	0,39	0,00	0,84
<i>Di</i>	14,53	16,13	12,40	16,11	14,99	13,90
<i>Hy</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00
<i>Ol</i>	21,58	14,48	14,41	9,90	15,88	16,31
<i>Mt</i>	1,98	1,85	2,01	1,98	1,97	1,94
<i>Il</i>	2,95	2,68	3,87	3,85	2,88	2,81
<i>Ap</i>	1,03	0,81	1,05	1,09	0,57	0,52
<i>Total</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>DI</i>	30,50	35,00	40,77	39,02	30,38	34,70
<i>MGO/MGO+FEO</i>	10,55	10,1	11	10,45	10,55	10,51

Tab.16: Distribution des éléments majeurs de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna (Megartsi 1985 et Louni 2002).

<i>Régions</i>	<i>Plio Quaternaire</i>					
	<i>Rive gauche</i>					
	<i>Fillaoucène</i>					
<i>SiO2</i>	45,88	47,17	46,18	45,04	48,23	48,45
<i>TiO2</i>	1,66	1,56	2,80	2,60	1,58	1,51
<i>Al2O3</i>	13,78	16,75	17,57	18,78	16,79	17,14
<i>Fe2O3</i>	2,39	3,10	6,19	5,19	1,75	2,12
<i>FeO</i>	6,93	5,84	4,97	4,68	6,72	6,68
<i>MnO</i>	0,15	0,14	0,13	0,11	0,14	0,15
<i>MgO</i>	13,48	6,98	5,20	6,39	6,34	6,81
<i>CaO</i>	8,39	9,85	9,16	8,76	9,4	9,97
<i>Na2O</i>	3,03	3,42	4,34	4,14	3,45	3,67
<i>K2O</i>	0,73	0,85	0,76	0,92	1,06	0,97
<i>P2O5</i>	0,29	0,25	0,06	0,05	0,26	0,25
<i>H2O+</i>	3,01	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>H2O-</i>	0,27	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>L.O.I</i>	0,00	0,00	1,67	2,12	2,56	2
<i>TOTAL</i>	99,99	99,50	99,03	98,78	98,28	99,72
<i>Q</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Or</i>	4,44	5,00	4,49	5,43	6,54	5,86
<i>An</i>	21,68	27,80	26,21	29,94	28,41	28,06
<i>Ol</i>	25,04	11,46	4,45	7,99	13,06	12,71
<i>Ap</i>	0,67	0,67	0,13	0,11	0,6	0,57
<i>MGO/MGO+FEO</i>	3,39	4,10	7,19	6,19	2,75	3,12

Tab.17: Distribution des éléments majeurs de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna (Bendoukha, 2008).

<i>Régions</i>	<i>Miocène</i>					
	<i>Rive droite</i>					
	<i>Hadjra El Kahla</i>		<i>Ain Romana</i>		<i>Fillaoucène</i>	
<i>Rb</i>	16	22	42	19,4	28	27
<i>Sr</i>	802	555	760	720	470	644
<i>Ba</i>	637	570	650	675	290	250
<i>Sc</i>	25,5	28	21	22	31	30
<i>V</i>	193,5	185	210	224	184	176
<i>Cr</i>	303	115	110	130	230	180
<i>Co</i>	46	34	34	36	39	39
<i>Ni</i>	175	39	62	71	45	37
<i>Y</i>	20	22	25	24	22	22
<i>Zr</i>	143	142	172	176	118	117
<i>Nb</i>	21	15,6	32	31	11	11
<i>La</i>	25	19,5	30	28,5	14	14,2
<i>Th</i>	10,85	8,2	7,9	nd	3,6	3,38
<i>Ce</i>	54	46	66	61	33	32,5
<i>Nd</i>	31,5	26	33	30	19	18,5
<i>Eu</i>	1,67	1,45	1,9	1,75	1,35	1,35
<i>Dy</i>	3,75	3,9	4,5	4,3	3,8	3,75
<i>Er</i>	1,85	2	2,3	2,3	2,1	2
<i>Yb</i>	1,62	1,9	2,5	2	1,9	1,93
<i>Sm</i>	6,4	5,2	7	Nd	4,2	4,4
<i>Gd</i>	5,1	4,8	5,7	Nd	4,2	4,5
<i>La/Nb</i>	1,19	1,25	0,94	0,92	1,27	1,29
<i>Sr87/Sr86</i>	0,705856	0,7055117	0,00	0,00	0,00	0,706004
<i>Nd143/Nd144</i>	0,512567	0,512544	0,00	0,00	0,00	0,512671
<i>Age (Ma)</i>	9,37	7,16	0,00	0,00	0,00	8,7
<i>MGO/MGO+FEO</i>	10,55	10,1	11	10,45	10,55	10,51

Tab.18: Distribution en traces de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna (**Megartsi 1985 et Louni, 2002Bendoukha, 2008**).

<i>Régions</i>	<i>Coulée Plio-Quaternaire</i>					
	<i>Rive gauche</i>					
	<i>Fillaoucène</i>					
<i>Rb</i>	52	41	32	32	22	33
<i>Sr</i>	996	752	700	955	918	407
<i>Ba</i>	986	382	259	255	943	234
<i>V</i>	252	175	172	180	279	169
<i>Cr</i>	101	515	523	176	146	130
<i>Co</i>	49	51	51	38	106	76
<i>Ni</i>	68	280	290	50	123	33
<i>Zr</i>	104	75	75	72	0,00	0,00
<i>La</i>	51,40	28,40	41,80	77,00	72,30	67,80
<i>Ce</i>	90,40	51,10	76,00	140,00	128,00	115,00
<i>MGO/MGO+FEO</i>	3,39	4,1	7,19	6,19	2,75	3,12

Tab.19: Distribution en traces de la rive droite et gauche de la Moyenne Tafna (**Bendoukha 2008**).

Références Bibliographiques

- Abbad Z., (1993).** Etude volcanologique et pétrologique des laves quaternaires de la région de Ghazaouet (Oranie). *Thèse, USTHB, Alger, 100 p.*
- Aït Hamou F., (1987).** Etude pétrologique et géochimique du volcanisme d'âge miocène de la région de Hadjout (ouest algérois). *Thèse Magister USTHB Alger, 269 p.*
- Louni-Hacini A., (2002).** La transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin dans l'Oranie (Algérie nord occidentale) *Thèse Doc. D'état, USTHB, Alger, 201p.*
- Auboin, J., & Durand Delga, M., (1971).** Méditerranée (Aire). *Ibid. 1st and 2nd ed., 1023-1030.*
- Auzende, J-M., Bonin, J., Olivet, J-L., (1973).** The origin of the Western Mediterranean basin, *J. Geol. Soc. London, 129, pp.607-620.*
- Bardintzek J.k., Boucarut M. et Crevola A., (1972).** "Dépôts de 'déferlantes basales' (base surge) dans l'Estérel et le Dévès (Var et Massif Central français) et gouttes de cendres pisolitiques". *Bull, Soc. Geo. France, 7, P. 179-190.*
- Beccaluva L., Brotzu P., Macciotta G., Morbidelli L., Serri and Traversa G. (1989).** Coenozoic tectono-magmatic evolution and inferred mantle sources in the Sardo-Tyrrhenian area. In Boriani, A, Bonafede, M., Piccardo, G.B., Vai, G.B., (Eds), the Lithosphere in Italy. Advance in *Earth Science Research, Attidei Convegna Lincei, 80, 229-24*
- Belanteur, O. , Bellon, H., R.C., Ouabadi, A., Coutelle, A., Semroud, B., Megartsi, M., and Fourcade, S., (1995).** Le magmatisme Miocène de l'Est de l'Algérois : géologie, géochimie et géochronologie ^{40}K - ^{40}Ar . *C.R. Acad. Sci. Paris, 321, 489-496.*
- Belanteur, O. , Louni-Hacini, A., Bellon, H., Cotten, J., Coutelle, A., Fourcade, S., Maury, R.C., Megartsi, M., Ouabadi, A., & Semroud, B., (1998).** Le volcanisme littoral d'Algérie : Nouvelles données chronologiques et géochimiques. *Rapp. 35^{ième} Cong. CIESM, vol. 35, t. 1, 50-51.*
- Bellon, H., (1976).** Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour méditerranéen occidental, comparés dans leurs cadres géochronométriques. Implications géodynamiques. *Thèse d'Etat, Université Paris Orsay, 367 pp.*
- Bellon, H., (1981).** Chronologie radiométrique (K-Ar) des manifestations magmatiques autour de la méditerranée occidentale entre 33 et 1 Ma. In: Wezel, F.C., (Ed) *Sedimentary basins of Mediterranean margins, CNR Italian Project of Oceanography, Tecnoprint, Bologna, 341-360.*
- Bellon H. , Guardia, P., (1980),** « Le volcanisme alcalin Plio-quaternaire d'Algérie occidentale. Etude radiométrique et paléomagnétique », *Rev. De Geol.dynam. et de géograph. Phys., 22, Fasc. 3, P. 213-222.*
- Bellon, H., Quoc, N., Chaumont, J., and Philipet, J.C., (1981).** Implantation ionique d'Argon dans une cible support : application au traçage isotopique de l'argon contenu dans les minéraux et les roches. *C.R. Acad Sci. Paris, 292, 977-980.*

Bellon, H., Guardia, P., et Magné, J., (1984). Les associations volcaniques du Miocène supérieur de la région oranaise (Algérie occidentale). Conséquences géodynamiques. *Géol. Méditerranéenne*, XI, 255-264.

Bellon, H., Brousse, R., (1977). Le magmatisme périméditerranéen occidental. Essai de synthèse, *Bull. Soc. Géol. France XIX (7)* 469-480.

Bellon, H., Letouzey, J., (1977). Volcanism related to plate tectonics in the western and eastern Mediterranean, in: XXV Cong. Assoc. CIESM, Split, Technip (Ed), Paris, pp. 165-184.

Bendoukha, R., (1987). Etude dynamique, pétrographique et géochimique d'un complexe volcanique plio-quaternaire de la Basse Tafna (Oranie occidentale). *Thèse Magister, USTHB, Alger*, 159 p.

Bendoukha, R. et al., (2008). Nouvelles données sur les caractères dynamiques et géochimiques du volcanisme mio-plio-quaternaire de l'Oranie (Algérie nordoccidentale). *Vol. 20 .N3*.

Berger, E.T., Vannier, M., (1985), "Origine résiduelle d'olivine à contours automorphes", *Bull. Minéral.*, 108, P. 725-726.

Berthelay, J.C., Camus, G., (1980), "Necks à prismation en grebe et phréatomagmatisme dans le Livradois Occidental (Massif Central français)", *Rev. De Géol. Dynam. et de géograph. Phys.*, 22, Fasc. 2, P. 101-107.

Biju-Duval, B., Letouzey, J., and Montadert, C., (1978). Structure and evolution of the Mediterranean basins, In: Hsu, K.J., Montadert, L., et al., Init. Rep. DSDP, 42. - US.GOV. Print off., Washington D.C., 951-984.

Boivin, P., Gourgaud, A., (1978), « synchronisme des dynamismes de type « maar » et « strombolien » près de la Sauvetat (Sud-Dévès – Massif central français) », *C.R. Som. Soc. Geol. France, Fasc. 1*, P. 24-27.

Boudon, G., De Goerde Herve, A., Vincent, P. M., (1982), "Un modèle dynamique nouveau en contexte basaltique : Passage d'une coulée lavique à un écoulement pyroclastique. Exemples du cantal (Massif central français) », *Bull. Volcanol.*, 45-4, P. 367-383.

Bousquet, J.C., Herve, P., (1981), « les caractéristiques de la néotectonique en Méditerranée occidentale », C.C. Wezel (editor), *Sedimentary basins of Mediterranean margins*. P. 389-405.

Bout, P., (1972), « Problèmes du volcanisme », *extrait de la Revue d'Auvergne*, t. 86 N° 1, P. 53-79.

Bout, P., (1975), « Les maars, Critique d'opinion récentes », *Bull. Assoc. Géogr. Franç.*, N° 42, P. 167-174.

Buddington, A.F., & Lindsey, D.H., & Joron J.L., (1964). Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents. *J. Petrol.*, 5: 310-357.

Camus, G. Kieffer, G., (1980), "Les couches rouges ("red parting") du massif volcanique des Coirons (Ardèche, France)", *Géol. Méditerr.*, t. VII ; N°2, P. 193-197.

Camus, G. Vincent, G. P. M., (1983), "Discussion of a new hypothesis for the Karakatan volcanic eruption in 1883", *volcanol. Geotherm. Res.*, 19, P. 167-173.

Carminati, E., Wortel, M.J.R., Spakman, W., and Sabadini, R., (1998). The role of slab detachment processes in the opening of the western-central Mediterranean basins: some geological and geophysical evidence. *Earth Planet. Sci., Lett.* 160, 651-665.

Carminati, E., Wortel, M.J.R., Meijer, P; T., Sabadini, R., (1998). The two stage opening of the western-central Mediterranean basins: a forward modelling test to a new evolutionary model, *Earth Planet. Sci. Lett.* 160, 667-679.

Cole, R.B., and Bazu, A., (1992). Middle, Tertiary volcanism during ridge-trench interactions in western California, *Science*, 258, 793-796.

Colin.F., (1969), “ Basaltes ‘Sonnenbrener’ et basanites à analcime”, Annales de la Faculté des Sciences, Abidjan, *Fasc. 5, P. 141-146.*

Conquere.F., Girod.M., (1968), « contribution à l'étude des paragenèses précoces des basaltes alcalins : les spinelles du volcan de l'oued Teorte (Massif de l'Atakor, sahara algerien) », *Contr. Mineral. And Petrol*, 20, P. 1-29

Cotten, J., Le Dez, A., Bau, M., Caroff, R.C., Dulski, P., Fourcade, S., Bohn, M., and Brousse, R., (1995). Origin of anomalous rare-earth element and yttrium enrichments in suberially exposed basalts: evidence from French Polynesia. *Chem. Geol.* 119, 115-138.

Coulon, C., (1977). Le volcanisme calco-alkalin cénozoïque de Sardaigne (Italie). Pétrographie, géochimie et genèse des laves andésitiques et des ignimbrites. Signification géodynamique. Thèse d'Etat, Université Marseille, 385 pp.

Coulon.C., Maillet.P., Maury.R.C., (1979), « contribution à l'étude du volcanisme de l'arc des nouvelles Hébrides : données pétrologiques sur les laves de l'Iles d'Efaté ».

Coulon, C., Megartsi, M., Fourcade, S., Maury, R.C., Bellon, H., Louni-Hacini, A., Cotten, J., Hermitte, D., The transition from calc-alkaline to alkaline volcanism during the neogene in Oranie (Algeria): Magmatic expression of a slab breakoff.

Davies, J.H., and Von Blanckenburg, F., (1995). Slab breakoff : a model of lithosphere detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 129, 85-102.

Defant, M.J., Maury, R.C., Joron, J.L., Feigenson, M.D., Leterrier, J., Bellon, H., Jacques, D., and Richard, M., (1990). The geochemistry and tectonic setting of the northern section of the Luzon arc (The Philippine and Taiwan). *Tectonophysics*, 183, 187-205.

Defant, M.J., Richardson, M., De Boer, J.Z., R.H., Maury, R.C., Bellon, H., Drummond, M.S., Feigenson, M.D., and Jackson, T.E., (1991c). Dacite genesis via both slab melting and differentiation: petrogenesis of La Yeguada volcanic complex. *J. Petrol.*, 32, 1101-1142.

De Jonge, M.R., Wortel, M.J.R., and Spakman, W., (1994). Regional scale tectonic evolution and the seismic velocity structure of the lithosphere and upper mantle: Mediterranean region. *J. Geoph. Res.*, 99, 12091-12108.

- Drummond, M.S. and Defant, M.J. (1990).** A model for trondjemite-tonalite-dacite genesis and crustal growth via slab melting: Archean to modern comparisons. *J. Geophys. Res.*, 95, (B13), 21,503-21,521.
- Durand-Delga, M., (1969).** Mise au point sur la structure du Nord Est de la Berbérie. *Bull. Serv. Carte Géol., Algérie*, 39 :89-131.
- Durand-Delga, M., Fonboté, J.M.,(1980).** Le cadre structural de la méditerranée occidentale, 26th Int.Geol. Congress, Paris, Geology of the alpine chains born of the Tethys, *Mém.BRGM*, 115, 67-85.
- El Azzouzi, M., Bernard-Griffiths. J., Bellon, H., Maury R.C., Piqué A., Fourcade S., Cotten J., Hernandez J., (1999).** Evolution des sources du volcanisme marocain au cours du néogène *C.R., Acad. Sci Paris*, 329, 95-102.
- El Bakkali, S.,(1995).** Volcanologie et magmatologie du système du Gourougou (Rif oriental, Maroc). *Thèse de Doctorat Univ. Clermont Ferrand*, 283p.
- El Bakkali, S., Gourgaud, A., Bourdier, J.L., Bellon, H., Gundogdu, N., (1998).** Post-collision neogene volcanism of the Eastern Rif (Morocco): magmatic evolution through time. *Lithos*, 45,523-543.
- Ewart, A.,(1976).** Mineralogy and chemistry of modern orogenic lavas some statistics and implications. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 31 : 417-432.
- Fallot, P., (1932).** Essai de définition des traits permanents de la paléogéographie secondaire dans la Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. Géol. France*, (5), t. II, 533-552.
- Fenet, B., (1975).** Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénèse Nord-Maghrebines : Les monts djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. *Thèse, Sci., Univ., Nice*. P 301.
- Feraud, G., Stephan, J.H., Lapierre, H., Delgado, E., and Popoff, M., (1995).** Nouvelles données géochronologiques sur le volcanisme paléogène des Alpes occidentales: Existence d'un événement magmatique bref généralisé SPEC. *Soc. Fr. et Ass. Geol Sud Est, abstract*, p38.
- Fisher.R.V. Waters.A.,(1970),** “ Base surge bed forms in maar volcanoes”, *Amer. J. of sci.*, 268, P. 157-180.
- Forsythe, L.M., Nielsen, R.L., Fisk, M.R., (1994).** High-field-strength element partitioning between pyroxene and basaltic to dacitic magmas. *Chem. Geology*, 117, 107-125.
- Frizon de Lamotte, D., Andieux, J., and Guezou J.C.,(1991).** Cinématique des chevauchements néogènes dans l'arc bético-rifain, discussions sur les modèles géodynamiques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 162, 611-626.
- Frizon de Lamotte, D., Saint Bezar B., Bracène R., (2000).** The two main steps of the Atlas building and geodynamics of the western Mediterranean. *Tectonics*, 4: 740-761
- Gentil, M.L., (1896),** “ Sur les minéraux d'un cratère ancien d'Algérie”, *Assoc. Sci. France*, P.293-300.

Gentil, M.L., (1903). » Etude géologique du bassin de la Tafna «, *Publi. Série C.G., 2ème Série, N° 4, in-8, 425 P.*

Gill, J.B., (1981). Orogenic andesites and plate tectonics. Springer –Verlag, *Berlin Heidelberg, New York, 390 p.*

Girod, et al. (1978), « les roches volcaniques : pétrologie et cadre structural « *Doins éditeurs, 240p.*

Glangeaud, L., (1932). Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, 2^{ème} série, n°8.*

Guardia, P., (1975). Géodynamique de la marge alpine du continent Africain d'après l'étude de l'Oranie Nord occidentale. *Thèse d'état Univ. Nice, 289 p.*

Gueguen, E., Doglioni, C., Fernandez, M., 1998. On the post-25 Ma geodynamic evolution of the western Mediterranean *Tectonophysics, 298, 259-269.*

Haggerty, S.E (1976). Oxidation of opaque mineral oxides in basalts. In: *Rumble D. III, Ed. Oxides minerals, Reviews in Mineralogy, Mineral. Soc. America, 3: 100 p.*

Hammarstrom, J.M., Zen, E-An., (1986). Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer., *Am. Mineral., 71, 1297-1313.*

Harris, N., Kelly, S., and Okay, A., (1994). Post-collision magmatism and tectonics in northwest Anatolia. *Contrib. Mineral. Petrol., 117: 241-252.*

Haroun, T., (1972), “ Les volcans et la dérive des continents “, *Presse Universit. De France, 132 p.*

Heinken, G.H.,(1971), “Tuff ring: examples from the Fort-Rock-Christmas Lake valley basin, south-central Oregon”, *Soc. Amer. Bull. 76, N°23, P. 5615-5626.*

Heinken, G.H.,(1972), “Morphology and petrography of volcanic Ashes, *Geological Soc. Amer. Bull. 83, P.1961-1988.*

Helz, R.T., (1973). Phase relations of basalts in their melting range $P_{H_2O}=5$ kbar as a function of oxygen fugacity. *J. Petrol., 14 : 249-302.*

Heming, R.F., (1979), » De -anomalous lavas from Rabauld Caldera, Papua New Guinea”, *Geochim. Cosmochim. , Acta, 43, P. 1351-1355.*

Hernandez, J., (1973), « Le volcanisme tertiaire des monts Forez (Massif Central français) : basanites à analcime, à leucite et néphilinites à militite », *Bull. Soc.Fr. de Minéral. Et de Cristallogr. 96, P.303-312.*

Hernandez, J., & Lepvrier, C., (1976). Pétrographie des laves liées aux bassins tertiaires de l'ouest algérois. Comparaison avec le volcanisme du Rif et de l'Oranais. *4^{ème} réunion An., Sci., Terre, Paris, P., 222.*

Hernandez, J., & Lepvrier, C., (1979). Le volcanisme calco-alcalin miocène de la région d'Alger (Algérie) : pétrologie et signification géodynamique. *Bull. Soc. Géol., France, (7), t. XXI, 1: 73-86.*

Jenny, J., Ferrari, J.M., (1986), “ Le complexe chaotique de Béni-Saf est d’âge Miocène ; doute sur la phase synmétamorphe ‘anté-senonienne’ en Oranie (Algérie)’, *Bull.sco.Geol .France, T.II, N°2, P.279-284.*

Kieffer, G., (1980), “ Les explosions phréatiques et phréatomagmatiques terminaux de l’Etna”, *Bull. volcanol. 44, P. 655-660.*

Kieffer, G., Camus, G., (1981), “ Manifestations dangereuses des volcans réputés pacifiques : Les éruptions et les explosions phréatomagmatiques ou phréatiques » *Rev.d’Auvergne, 1, P.211-226.*

Kieffer, G., Pomel, R.S., (1982). » Morphologie et volcanologie de Stromboli.”, *Bull.Asoc.Géogr.fraç., N°488, P.1-14.*

Lacroix, A., (1893), « Les enclaves des roches volcaniques » *Mâcon, Protat. Fr. Imp., I.Vol., 710p.*

Lacroix, A., (1924), « Les caractéristiques chimico-minéralogiques des roches éruptives tertiaires de l’Algérie et des régions limitrophes » *C.R. Sco.Geol.france, 4, XXIV, P.207.*

Lapierre, H., Cabanis, B., (1985), « Caractérisation d’une série tholéitique d’arc d’âge Paléozoïque (Klamaths orientales –Nord de la Californie- U.S.A), à l’aide des clinopyroxènes et des éléments en traces » *Bull. Sco. Geol. Fran, 8, tome I, P.541-552.*

Lefevre, J., Cocusse, P., (1985), “ Etude pétrographique et minéralogique des laves du Massif volcanique Madeleine-Soufrière de Guadeloupe (Petites Antilles). Implications magmatologiques », *Bull .Mineral. , 108, P. 189-208.*

Lemaître, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Lebas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wolley, A.R., and Zanettin, B., (1989). *A classification of igneous rocks and glossary of terms. Black Well, Oxford.*

Leterrier, J., Maury, R.C., Thonon, P., Girard, D., and Marchal, M., (1982). Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth Planet. Sci. Lett., 59: 139-154.*

Luhr, J.F., Carmichael, I.S.E., (1981), “The Colima volcanic complex, Mexico: Part II. Late-quaternary cinder cones”, *Contrib.Mineral.Petrol. 76, P.127-147.*

Luhr, J.F., Carmichael, I.S.E., (1982), “The Colima volcanic complex, Mexico: II Ash and scoria-Fall Deposits from the Upper slopes of Volcan Colima”, *Contrib.Mineral.Petrol. 80, P. 262-275.*

Luhr J.F., Carmichael, I.S.E., (1985), “contemporaneous eruptions of calc-alkaline and alkaline magmas along the volcanic front on the Mexican volcanic Belt”, *Geol. Int., 24-1, P. 203-216.*

Louni-Hacini, A., Bellon, H., Maury, R.C., Megartsi, M., Semroud, B., Cotten, C., and Coutelle, A., (1995). Datation $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ de transition du volcanisme calco-alkalin au volcanisme alcalin en Oranie au Miocène Supérieur. *C.R. Acad. Sci. Paris, 321, 975-982.*

Maillard, A., and Mauffret, A., (1993). Structure et volcanisme de la fosse de Valence (Méditerranée nord-occidentale). *Bull. Soc. France, 164, 3: 365-383.*

Marcelot, G., Maury, R.C., Lefevre, C., (1983). Mineralogy of Erromango lavas (New Hebrides): evidence of early stage of fractionation in island arc basalts. *Lithos, 16: 135-151.*

- Marignac, C., (1985).** Les minéralisations filoniennes d'Ain Barbar (Algérie). Un exemple d'hydrothermalisme lié à l'activité géothermique alpine en Afrique du Nord. *Thèse d'Etat INPL., Nancy.* 1163 p.
- Maury, R.C., (1984).** Les conséquences volcaniques de la subduction. *Bull.Soc. Géol.Fr.*, 7 : 489-500.
- Maury, R.C., (1993).** Les séries volcaniques. *Mem. Soc.Géol. France*, "pleins feux sur les volcans", 163: 39-55.
- Megartsi, M., (1985).** Le volcanisme mio-plio-quaternaire de l'Oranie nord-occidentale (Algérie). *Thèse d'Etat. Université d'Alger*, 296 p.
- Meghraoui, M., Morel, J.L., Andrieux, J., Dahmani, M., (1996).** Tectonique plioquaternaire de la chaîne tello-rifaine et de la Mer d'Alboran. Une zone complexe de convergence continent-continent. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 167 :147-157.
- Milesi, J.P., (1976),** " Dynamique des écoulements pyroclastiques du Cantal oriental sur l'exemple de ceux de la vallée de l'Alagnon-Massif central français », *Thèse de spécialité- roisième cycle de Géologie appliquée, Université de Grenoble*, 197p.
- Miyashiro, A., (1974).** Volcanic rock séries in island arcs and active margins. *Am. Journ. Of Sci.*, 274: 321-355.
- Monié, P., Montgny, R., and Maluski, H., (1992).** Age burdigalien de la tectonique ductile extensive dans le massif de l'Edough (Kabylie. Algérie). Données radiométriques ^{39}Ar - ^{40}Ar . *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 5, 571-584.
- Moore, J.G.Peck, D., (1962),** "Accretionary Lapilli in volcanic rocks of the western continental United States "U.S.A.J.Geol., 70, P. 182-193.
- Moore, J. G., (1967),** " Base-surge in recent volcanic eruptions", *Bull. Volcanol.* , XXX, P. 337-369.
- Nocolas A., (1985),** « Origine résiduelle d'olivine à contours automorphes », *Bull. Mineral.*, 108, p. 725-726.
- Norman P., (1973),** « Le volcanisme de la bordure Sud-Orientale du Dévès et du Plateau d'Alleyrac (velay Occidental) », *Thèse 3ème cycle, Université Paris VI-* 226P.
- Odin, G.S., et Odin, Ch., (1990).** Echelle numérique des temps géologiques : mise à jour 1990. *Géochronique* 35, 12-22.
- Odin, G.S., (1994).** Geological time scale. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 318, II: 59-71.
- Osborn, E .F., (1962),** « Reaction series for subalkaline igneous rocks based on different oxygen pressure conditions, *Amer. Mineral*, 47, P. 211-226
- Parkinson, I. J., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F., Johnson, K.T.M., & Ingram, G., (1992).** Trace element geochemistry of peridotites from the Izu-Bonn-Mariana fore arc, leg125. *Proceeding, ODP. Sci. Results*, 125: 487-506.
- Piqué, A., Aït Brahim, L., El Azzouzi, M. Maury, R.C., Bellon, H., Semroud, B., and Laville, E., (1998).** Le poinçon maghrébin : contraintes structurales et géochimiques. *C.R. Acad. Sci. Paris*. 326, 575-581.

- Plank, T., and Langmuir, C.H., (1998).** The geochemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. *Chem. Geol.*, 145, 325-394.
- Ringwood, A.E., (1990).** Slab mantle interactions, III. Petrogenesis of intraplate magmas and structure of the upper mantle. *Chem. Geol.*, 82, 187-207.
- Rivière, M., Bouillin, J.P., Courtois, C., Gélard, J.P., and Raoult, J.F., (1977).** Etude minéralogique et géochimique des tuffites découvertes dans l'oligo-Miocène Kabyle (Grande Kabylie, Algérie). Comparaison avec les tuffites de la région de Malaga (Espagne). *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 5, 1171-1177.
- Romeur, M., (1991).** Séries magmatiques arc et arrière- arc de la Sonde : nature des sources impliquées (éléments en trace et isotopes Sr-Nd-Pb). *Thèse Univ., Brest*, 418 p.
- Rudnick, R.L., and Fountain, D.M., (1995).** Nature and composition of the continental crust, a lower crustal perspective. *Rev. Geophys.*, 33, 267-309.
- Ryerson, F. J., & Watson, E. B., (1987).** Rutile saturation in magmas: implications for Ti-Nb-Ta depletion in island-arc basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 86: 225-239.
- Sadran, G., (1958),** “ Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du Tell oranais”, *Publi. Serv. Cartes. Géol. De l'Algérie, Nouvelle série. Bull .N°18*, 533P.
- Thomas, G., (1985).** Géodynamique d'un bassin intramontagneux, le bassin du bas Chelif occidental (Algérie) durant le mio-plio-quaternaire. *Thèse d'état, Univ. De Pau*, 594 p.
- Thornton, C.P., & Tuttle, O.F., (1960).** Chemistry of igneous rocks, differentiation index. *Am.J. Sci.*, 258 : 664-684.
- Treuil, M., Joron, J.L., (1979).** Géochimie des éléments hygromagmatophiles, coefficients de partage minéraux /liquide et propriétés structurales de ces éléments dans les liquides magmatiques. *Bull. Mineral.*, 102: 402-409.
- Thy, P., (1991).** High and low pressure phase equilibria of a mildly alkaline lava from 1965 Surtsey eruption: Experimental results. *Lithos*, 26: 223-243.
- Varekamp, J.C., Luhr, J.F., Prestegard, K.L., (1984),** “The 1982 eruptions of El Chichón volcano (Chiapas, Mexico): Character of the eruptions ash-fall deposits, and gas phase”, *J.Volcanol. Geotherm. Res.* 23, P. 39-68.
- Vidal, P., Dupuy, C., Maury, R., Richard, M., (1989).** Mantle metasomatism above subduction zones: trace element and radiogenic isotope in xenoliths from Batan island (Philippines). *Geology*, 17: 1115-1118.
- Vinx, R., Jung, D., (1977),** “Pargasitic – Kaersulite amphibole from a basanitic diatreme at the Rosenberg, north of Kassel (North Germany)”, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 65, P. 135-142.
- Weaver, B.L., (1991).** Trace element evidence for the origin of ocean-island basalts. *Geology*, 19: 123-126.

Wasuwanich, P., Wilbard, J.T., (1980), „ Model of basalt petrogenesis: Lower Keweenawan diabase dikes and middle KeweenawanPartageLake lavas. Ipper Michigan”. *Contrib. Mineral. Petrol.* 75, P. 395-406.

Wells, P.R.A., (1977). Pyroxene thermometry in simple and complex systems. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 62: 129-140.

Wildi, W., (1983). La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) :structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys., Paris*, 24: 201-297.

Zerka, M., (1991). Etude des enclaves ultramafiques du volcanisme plio-quaternaire de l’Oranie occidentale. Exemple des massifs d’Aïn Témouchent et de la Basse Tafna. *Thèse Magister, USTHB, Alger*, 175 p.

Photos annexes



Photo.1: un lambeau de coulée basaltique Miocène dont le centre d'émission serait dans la mer (Bendoukha 2008)



Photo.14 ; le volcan de Sidi Ben Adda (**Bendoukha et Maachou 2015**)



Photo .20: lavage des Tuf dans labo (Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)



Photo.21 : la chasé des tufs (Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025)



Photo.22 : observation microscopique (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)

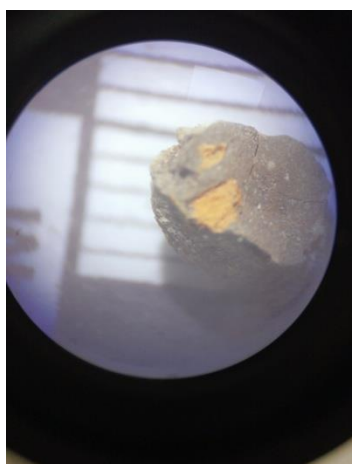


Photo.21 : Contacte Soufre avec Basalte (**Bendoukha, Ayadi et Chergui 2025**)